

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE BEJA
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA

Efeito da variedade, do tipo e da época de aplicação/fracionamento da fertilização azotada em regadio no trigo mole para panificação

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Agronomia

Aluno: Rita Isabel Espada
Orientador: Doutor Manuel Patanita

2016/2017

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador Professor Doutor Manuel Patanita por ter aceite orientar esta tese, pela paciência, disponibilidade, conhecimentos, e valiosas sugestões para à realização deste trabalho.

Ao Investigador do Centro de Experimentação Agrícola de Beja, Eng.º José Dôres pela disponibilidade e ajuda durante a realização deste trabalho, e pelo encorajamento e muita paciência para me ensinar muita coisa que sei hoje.

Às técnicas do laboratório de Análise de Sementes e Matérias Primas Vegetais da ESAB, Engª Natividade Costa, Engª Elisabete Rosa e Paula Martins pela colaboração na realização das análises de qualidade, e pelo que aprendi com esta equipa.

Ao meu marido Fábio por ter acreditado nas minhas capacidades e a minha filha Carolina pelo tempo que estive ausente em prole deste projeto.

Efeito da variedade, do tipo e da época de aplicação/fracionamento da fertilização azotada em regadio no trigo mole para panificação

Resumo

Os principais fatores que influenciam a produção e a qualidade do grão de trigo são os fatores genéticos (cultivar), as condições climáticas e técnicas culturais. Dentro das técnicas culturais, os fertilizantes, com destaque para os azotados, desempenham um papel fundamental para a valorização da matéria prima produzida. A qualidade do trigo mole para panificação está intimamente associada à fertilização azotada, razão pela qual a maior parte das análises para avaliação da qualidade têm por base a proteína do grão.

Além da dose, a época de aplicação/fracionamento da fertilização azotada, é um fator que pode condicionar os resultados produtivos, bem como a qualidade tecnológica do grão. A diversidade de adubos azotados existentes, se por um lado permite a adoção de diferentes estratégias, por outro dificulta a escolha do produtor.

No âmbito do Projeto PRODER Fertitrigo – foram instalados dois ensaios de campo, em regadio, um com adubos azotados clássicos e outro com adubos azotados específicos. Em qualquer dos ensaios, como delineamento experimental em «split-plot» com quatro repetições, estudou-se a influência de dois fatores: a variedade ('Antequera', 'Bancal', 'Paiva' e 'Roxo') como fator principal e, a época de aplicação/fracionamento da fertilização azotada (seis tratamentos em cada ensaio) como fator secundário.

Os resultados obtidos indicaram efeito da variedade na produção e na qualidade do grão em qualquer dos ensaios, com destaque produtivo para 'Bancal' e qualitativo para 'Roxo'. Quanto aos tratamentos época de aplicação/fracionamento da fertilização azotada, verificou-se efeito na produção e no teor de proteína do grão com adubos clássicos, com vantagem para a maior repartição do azoto na produção e para a aplicação ao emborrachamento na proteína.

Os resultados obtidos nos dois ensaios quer para a produção de grão (6439 kg ha⁻¹ com adubos clássicos e 6355 kg ha⁻¹ com adubos específicos), quer para as características de qualidade do grão e farinha (14,15% de proteína com adubos clássicos e 14,12% com adubos específicos), são semelhantes, pelo que o tipo de N parece não ter influência nestas características com interesse económico.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.; fertilização azotada; variedade; produção de grão; qualidade para panificação.

Effect of variety, type and time of application / fractionation of irrigated nitrogen fertilization on common wheat for bakery

ABSTRACT

The main factors influencing the production and quality of the wheat grain are genetic factors (cultivar), climatic conditions and cultural techniques. Within the cultural techniques, the fertilizers, especially the nitrogenated ones, play a fundamental role for the valorization of the raw material produced. The quality of soft wheat for baking is closely associated with nitrogen fertilization, which is why most of the quality evaluation analyzes are based on grain protein.

In addition to the dose, the time of application / fractionation of the nitrogen fertilization, is a factor that can condition the productive results, as well as the technological quality of the grain. The diversity of existing nitrogen fertilizers, if on the one hand allows the adoption of different strategies, on the other, hinders the choice of the producer.

Under the PRODER Fertitrigo Project - two field trials were installed in irrigation, one with classical nitrogen fertilizers and the other with specific nitrogen fertilizers. In each of the trials, as a split-plot experimental design with four replicates, the influence of two factors: the variety ('Antequera', 'Bancal', 'Paiva' and 'Roxo') was studied as the main factor and , the time of application / fractionation of nitrogen fertilization (six treatments in each experiment) as a secondary factor.

The results obtained indicate the effect of the variety on yield and grain quality in any of the trials, with a productive highlight for 'Bancal' and qualitative for 'Roxo'. Regarding the treatments applied at the time of application / fractionation of the nitrogen fertilization, there was an effect on the production and protein content of the grain with classical fertilizers, with advantage for the greater distribution of nitrogen in the production and for the application to the rubber in the protein.

The results obtained in the two experiments were either for grain production (6439 kg ha⁻¹ with classic fertilizers and 6355 kg ha⁻¹ with specific fertilizers) or for quality characteristics of grain and flour (14.15% protein with classical fertilizers and 14.12% with specific fertilizers), are similar, so the type of N seems to have no influence on these characteristics with economic interest.

Keywords: *Triticum aestivum* L .; Nitrogen fertilization; variety; grain production; quality for baking.

Índice

INTRODUÇÃO	2
CAPÍTULO I – REVISÃO BIBLIOGRAFICA	5
1- Cultura do Trigo Mole	5
2- Azoto no Solo.....	6
3- Azoto na Planta	7
4- Adubação Azotada e Produção de grão	7
5- Adubação Azotada e qualidade do grão	9
6- Componentes do Grão e Qualidade Tecnológica.....	10
6.1-Contituição do Grão	10
6.2- Peso do grão.....	11
6.3- Massa do Hectolitro	11
6.4- Humidade	12
6.5- Proteína	12
6.6- Índice de Queda	13
6.7- Glúten.....	14
6.8- Índice de Sedimentação de Zeleny.....	15
6.9- Alveograma de Chopin	16
CAPÍTULO II – MATERIAL E METODOS	19
1- Localização dos Ensaio.....	19
2- Solo.....	19
3- Clima.....	20
4- Itinerário Técnico.....	21
5- Fatores de Estudo e Delineamento Experimental.....	21
6- Características medidas	24
6.1- Produção de grão e componentes da produção.....	24
6.2- Qualidade do grão ou da farinha	24
6.2.1. Massa do Hectolitro	24
6.2.2- Teor de Humidade.....	24
6.2.3- Teor de Proteína.....	25
6.2.4- Teor de Glúten Húmido, Seco e Índice de Glúten.....	25
6.2.5- Índice de Zeleny	26
6.2.6- Índice de Queda	26
6.2.7- Rendimento em Farinha.....	27

6.2.8- Alveógrafo	27
7. Análise Estatística	28
CAPÍTULO III – RESULTADOS	30
1 – ENSAIO DE ADUBOS CLÁSSICOS	30
1.1- Produção de grão e componentes da produção	30
1.2- Características físicas e químicas do grão ou da farinha.....	34
1.2.1 - Massa do hectolitro, teor de proteína e humidade do grão.....	34
1.2.2 - Glúten húmido, Índice de Zeleny, Índice de Queda e Rendimento em farinha.....	38
1.2.3- Características tecnológicas da massa – Alveógrafo de Chopin	42
2- ENSAIO FERTILIZAÇÃO COM ADUBOS – ESPECÍFICOS.....	46
2.1 – Produção de grão e componentes da produção	46
2.2- Características físicas e químicas do grão ou da farinha.....	50
2.2.1 – Massa do hectolitro, teor de proteína e humidade do grão	50
2.2.2- Glúten humidade, Índice de Zeleny, Índice de Queda e Rendimento em farinha.....	54
2.3- Características tecnológicas da massa – Alveógrafo de Chopin	58
CAPÍTULO IV – Conclusões	63
BIBLIOGRAFIA	66
ANEXOS.....	70

Índice de Figuras

Figura 1-Estrutura do grão de trigo (Garofani, 2012)	10
Figura 2- Aspeto dos pães com diferentes valores de Índice de Queda (segundos), consequência da influência da atividade da alfa amílase (Extraído de Perten, 2015)......	14
Figura 3 - Aspeto dos pães com diferentes teores de glúten húmido (Extraído de Perten, 2015)......	15
Figura 4 - Curva alveográfica com os principais parâmetros (Extraído de EQEC, 2015).	16
Figura 5 – Média das temperaturas máximas, média das temperaturas mínimas e precipitação total mensais no ano agrícola 2015/16 e no período 1971-2000 (COTR, 2016).	20
Figura 6- Equipamento NIT-Espectrofotometria de Transmitância no Infravermelho Próximo (Infratec™ 1241), usado para determinação da humidade e proteína em grão de trigo.....	25
Figura 7 - Equipamentos utilizados na determinação do glúten húmido, índice de glúten e glúten seco: Glutomatic 2020, centrífuga 2015 e secador de glúten Glutork 202.....	26
Figura 8 - Equipamentos usados para determinar o Índice de Queda (Hagberg): moinho Laboratory Mill 3100, agitador Shakematic 1090 e Banho Falling Number 1400.	27
Figura 9 - Equipamentos utilizados na avaliação da qualidade para panificação do trigo mole: Alveógrafo Chopin MA 82, calculadora Chopin RCV4 e impressora Epson LX-800.	28
Figura 10 - Alveógrafo de Chopin MA 82 na fase de “insuflação” de ar sob o disco de massa, que se dilata formando uma bolha, até se dar a sua rotura.	28
Figura 11– Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos na produção de grão (kg ha ⁻¹).	32

Figura 12 – Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos no peso de 1000 grãos.	33
Figura 13– Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos no número de grão m ⁻²	33
Figura 14 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos na massa do hectolitro.	36
Figura 15 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos no teor de proteína do grão.	37
Figura 16 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos no teor humidade do grão.	37
Figura 17- Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos no teor de glúten húmido.	39
Figura 18- Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos no índice de Zeleny.	40
Figura 19 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos no índice de queda.	41
Figura 20 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos no rendimento em farinha.	41
Figura 21- Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos na tenacidade da massa.	43
Figura 22- Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos na extensibilidade da massa.	43
Figura 23 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos no equilíbrio da massa.	44
Figura 24 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos na força da massa.	45
Figura 25 – Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos na produção de grão (kg ha ⁻¹).	48
Figura 26– Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos no peso de 1000 grãos.	49
Figura 27 – Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos no número de grão m ⁻²	49
Figura 28 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos na massa do hectolitro.	52
Figura 29 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos no teor de proteína do grão.	53
Figura 30 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos no teor humidade do grão.	53
Figura 31 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos no teor de glúten húmido.	55
Figura 32 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos no índice de Zeleny.	55
Figura 33 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos no índice de queda.	56

Figura 34 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos no rendimento em farinha.	57
Figura 35 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos na tenacidade da massa.	59
Figura 36 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos no equilíbrio da massa.	60
Figura 37 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos na força da massa.	61

Índice de Quadros

Quadro 1- Interpretação dos resultados do Índice de Queda para panificação.	13
Quadro 2- Valores de Índice de Queda para quatro tipos de trigo (Adaptado de Cardoso, 2013).	14
Quadro 3 - Escala para avaliar a qualidade do trigo para panificação em função dos resultados do Índice de Zeleny (López-Bellido, 1991).	15
Quadro 4 – Resultados da análise físico – química do solo do local dos ensaios.	19
Quadro 5 – Itinerário técnico seguido no ensaio de campo (Herdade do Outeiro, 2015/16).	21
Quadro 6 - Caracterização dos tratamentos época/fracionamento de aplicação da fertilização azotada, relativamente aos adubos clássicos.	22
Quadro 7 - Caracterização dos tratamentos época/fracionamento de aplicação da fertilização azotada, relativamente aos adubos específicos.	22
Quadro 8 – ANOVA da produção de grão, peso de 1000 grãos e número de grãos m^{-2}	31
Quadro 9 – Produção de grão corrigida para 12% de humidade ($kg\ ha^{-1}$), peso de mil grãos (g) e número de grãos m^{-2} por variedade e por adubação com adubos clássicos, teste de comparação de médias (LSD) e percentagem relativa à média do ensaio.	31
Quadro 10 – Coeficientes de correlação de Person ($n=96$) entre a produção e componentes da produção no ensaio de adubos clássicos.	34
Quadro 11 – ANOVA da massa do hectolitro, do teor de proteína e da humidade do grão.	34
Quadro 12 – Massa do hectolitro ($kg\ hl^{-1}$), teor de proteína (% MS) e humidade do grão (%) por variedade e por adubação com adubos clássicos, teste de comparação de médias (LSD) e percentagem relativa à média do ensaio.	35
Quadro 13 – Glúten húmido (%), Índice de Zeleny (ml), Índice de Queda (seg) e Rendimento em farinha (%) por variedade e por época/fracionamento da adubação azotada com adubos clássicos e percentagem relativa à média do ensaio.	38
Quadro 14 – Parâmetros relativos ao Alveograma de Chopin (Tenacidade – P, Extensibilidade – L, Equilíbrio da massa P/L e Força da massa – W) por variedade e por época/fracionamento da adubação azotada com adubos clássicos e percentagem relativa à média do ensaio.	42
Quadro 15 – Coeficientes de correlação de Person ($n=24$) entre várias características de qualidade do grão no ensaio de adubos clássicos.	45
Quadro 16 – ANOVA da produção de grão, peso de 1000 grãos e número de grãos m^{-2}	47
Quadro 17 – Produção de grão corrigida para 12% de humidade ($kg\ ha^{-1}$), peso de mil grãos (g) e número de grãos m^{-2} por variedade e por adubação com adubos específicos, teste de comparação de médias (LSD) e percentagem relativa à média do ensaio.	47
Quadro 18 – Coeficientes de correlação de Person ($n=96$) entre a produção e componentes da produção no ensaio de adubos específicos.	50
Quadro 19 – ANOVA da massa do hectolitro, do teor de proteína e da humidade do grão.	50

Quadro 20 – Massa do hectolitro (kg hl^{-1}), teor de proteína (% MS) e humidade do grão (%) por variedade e por adubação com adubos específicos, teste de comparação de médias (LSD) e percentagem relativa à média do ensaio.	51
Quadro 21 – Glúten húmido (%), Índice de Zeleny (ml), Índice de Queda (seg) e Rendimento em farinha (%) por variedade e por época/fracionamento da adubação azotada com adubos específicos e percentagem relativa à média do ensaio.	54
Quadro 22 – Parâmetros relativos ao Alveograma de Chopin (Tenacidade – P, Extensibilidade – L, Equilíbrio da massa P/L e Força da massa – W) por variedade e por época/fracionamento da adubação azotada com adubos clássicos e percentagem relativa à média do ensaio.	58
Quadro 23 – Coeficientes de correlação de Person ($n=24$) entre várias características de qualidade do grão no ensaio de adubos específicos.	61

INTRODUÇÃO

A cultura do trigo é muito importante para os sistemas tradicionais de agricultura do Sul de Portugal, onde se torna difícil encontrar outras alternativas viáveis (Bagulho *et al.* 1994). Nas últimas décadas, com exceção dos anos em que a PAC (Política Agrícola Comum) protegia significativamente a cultura do trigo duro (*Triticum durum* Desf.), tem-se registado em Portugal uma maior tendência para a cultura do trigo mole (*Triticum aestivum* L.), representando o trigo duro apenas cerca de 10% da produção total nacional de trigo.

Depois da adesão de Portugal à Comunidade Económica Europeia (CEE), hoje União Europeia (UE), a produção de trigo passou a obedecer às normas da Política Agrícola Comum (PAC) e, apesar das ajudas à produção, a cultura tornou-se menos atrativa, com substanciais reduções na área cultivada. Tal situação deveu-se à quebra de rendimento dos produtores, decorrente da descida do preço do trigo e ao aumento dos preços dos fatores de produção.

O trigo é uma cultura de sementeira outono-invernal, em que o desenvolvimento das plantas enfrenta situações climáticas muito distintas e imprevisíveis, que condicionam o resultado das colheitas nas regiões de clima mediterrânico como as do Sul de Portugal. O clima é assim o principal fator limitante da cultura no nosso país, devido à sua irregularidade inter e intra-anual durante o ciclo cultural das plantas, com uma concentração das chuvas nos meses de Inverno e com frequente défice hídrico na Primavera e Verão. O excesso de chuvas até à fase de encanamento condiciona profundamente as produções, mas são as condições climáticas da fase final do ciclo cultural das plantas que mais se refletem na qualidade, por estarem diretamente relacionadas com a formação do grão.

Os principais fatores que influenciam a qualidade do trigo são os fatores genéticos (variedade), as condições climáticas e as técnicas culturais (Costa & Patanita, 2015).

Os fertilizantes têm um papel fundamental para a valorização da matéria prima produzida, em particular a aplicação de adubos azotados. Em geral, a disponibilidade de azoto no solo e a distribuição das chuvas são os fatores externos que exercem a maior influência sobre o teor de proteína do grão (Poblaciones, 2007), que é o nutriente chave na qualidade do trigo mole. Também o controlo de pragas e doenças é importante para se alcançar uma boa qualidade.

A aplicação de azoto numa cultura de trigo deve ter em conta quatro fatores: 1) dose total a aplicar; 2) época de aplicação e fracionamento durante o ciclo de desenvolvimento; 3) forma química e tipo de fertilizante (clássico ou específico) e, 4) sua viabilidade económica.

Por outro lado, em condições inadequadas de armazenamento, o trigo pode sofrer alterações nas suas propriedades físicas, químicas e reológicas, reduzindo o valor comercial e a funcionalidade da farinha.

A qualidade do trigo mole é definida em relação à aptidão que uma variedade tem para produzir um bom produto final. A qualidade do trigo mole é assim especificada em termos de produto final, uma vez que existe uma grande diversidade de produto final (panificação, fabrico de bolachas e biscoitos, pastelaria, fabrico de “noodles”, etc.).

A panificação é a sua principal utilização, sendo necessárias farinhas fortes, com maior capacidade de retenção do dióxido de carbono libertado durante o processo fermentativo, o que se traduz num maior volume de pão. A força é também um requisito necessário para que a massa consiga suportar os processos tecnológicos envolvidos na panificação industrial.

Para a produção das bolachas, os aspetos de avaliação global da qualidade são principalmente o formato/tamanho, a espessura e a densidade. Estas características dependem fundamentalmente dos constituintes da farinha responsáveis pela absorção de água, ou seja, das proteínas, do amido danificado, das pentosanas insolúveis e da dureza dos trigos (tipo “soft”) (Brites, 2000b).

A extensibilidade (capacidade de uma massa deformar sem quebrar) é uma característica desejável para todos os produtos e é muito influenciada pelo teor e composição proteica (Cornish *et al.*, 2006).

A qualidade do trigo mole para panificação está intimamente associada à fertilização azotada, razão pela qual a maior parte das análises para avaliação da qualidade têm por base a proteína do grão. Assim, o conhecimento da aplicação dos adubos azotados é determinante para a obtenção de grão de qualidade superior.

É neste enquadramento e no âmbito do projeto PRODER, Medida 4.1 - Cooperação para a inovação, FERTITRIGO - Otimização da aplicação de fertilização azotada em trigos melhoradores, que surge o presente trabalho. Este projeto pretende definir um conjunto de estratégias que têm vindo a ser identificadas como forma de melhorar a eficiência do uso dos fatores, nomeadamente o azoto, encontrando a melhor opção para otimizar a distribuição deste elemento durante o ciclo de desenvolvimento do trigo mole, garantindo o máximo na expressão do seu potencial genético de produção e com qualidade tecnológica elevada para a indústria moageira (trigo mole melhorador).

Este trabalho tem como objetivo estudar o efeito da variedade e da época de aplicação/fracionamento de adubos azotados clássicos e específicos na produção e na qualidade do grão de trigo mole para panificação. Pretende-se por isso, por um lado, avaliar o desempenho das variedades e, por outro lado, identificar o tipo de fertilizante azotado e a época de aplicação/fracionamento mais adequada para potenciar a produtividade e, especialmente, a qualidade tecnológica do grão para as indústrias da moagem e da panificação.

I- **Revisão Bibliográfica**

CAPÍTULO I – REVISÃO BIBLIOGRAFICA

1- Cultura do Trigo Mole

O trigo é um dos cereais mais produzido no mundo. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), em 2012 foram produzidas mais de 670 milhões de toneladas de trigo no mundo inteiro.

O trigo é utilizado numa enorme diversidade de produtos, visando prioritariamente a alimentação humana (Scheuer *et al.*, 2011).

Embora sendo originário de climas frios, o uso de cultivares adaptadas, possibilita o cultivo do trigo em regiões de clima do tipo Mediterrânico e regiões tropicais (Souza e Ramalho, 2001). A temperatura alta pode ser o maior fator de stress ambiental limitante da produtividade do trigo (Fokar *et al.*, 1998), sendo a tolerância ao calor um importante objetivo nos programas de melhoramento genético desta cultura. Como principal agravante do efeito negativo do calor sobre as culturas destaca-se o aquecimento global, situação que tende a evidenciar-se e que revela consequências diretas sobre a produção agrícola (IPCC, 2001), nomeadamente sobre a cultura de trigo (Oliveira, 2012).

A substituição do trigo de inverno pelo trigo de primavera, a introdução de novas variedades, a utilização de cultivares com maior resistência à seca e mais rápido enchimento do grão, assim como a alteração das épocas de sementeira têm contribuído para uma melhor adaptação da espécie às mudanças climáticas no Sul da Europa (IPCC, 2007).

O trigo mole é muito cultivado nas regiões mediterrânicas, nomeadamente no Sul de Portugal, onde está sujeito ao calor e à seca no final do seu ciclo de desenvolvimento. Nessa fase dá-se a formação da semente e os fotoassimilados são translocados para esse órgão em crescimento (Carvalho & Nakagawa, 2012). Nesse período, que vai da floração (antese) até à maturação fisiológica (enchimento do grão), podem ocorrer, de forma persistente, temperaturas elevadas cujos valores se encontram acima da temperatura ótima para o crescimento máximo do grão. Adicionalmente, ocorrem com frequência períodos curtos de temperaturas extremamente elevadas (32-35°C) que se traduzem em condições de choque térmico, e podem ter efeitos marcados no desenvolvimento do grão (Almeida, 2007). A produtividade do trigo depende da tolerância dos génotipos a esses fatores adversos.

Embora a composição qualitativa do grão seja determinada geneticamente, a composição quantitativa é significativamente alterada pelas condições ambientais (Oliveira, 2012). Nestas condições ambientais em sentido lato, assumem particular importância as técnicas culturais, nomeadamente a fertilização azotada, pelo efeito decisivo na produção na qualidade tecnológica do grão (López-Bellido & Fuentes, 1989; Costa *et al.*, 2017).

2- Azoto no Solo

O azoto (N) é um elemento muito móvel e dinâmico no solo, capaz de ser transformado química e biologicamente através de uma série de processos que constituem o ciclo do azoto (Cordovil, 2004).

O principal método de aproximação às raízes por parte do azoto é o fluxo de massa, que consiste, no movimento convectivo dos iões em direção à raiz devido ao fluxo de água, o qual, será consequência, sobretudo da transpiração da planta. Logo, este processo tem tendência para ser mais elevado nas épocas de maior calor, quando a solução do solo está mais provida de nutrientes (Santos, 2002) e é um processo que é muito influenciado pelo teor de água no solo (Varenes, 2003).

O N mineral pode entrar no solo por diversas vias: mineralização da matéria orgânica do solo ou da matéria orgânica incorporada no solo através de resíduos de culturas, estrumes e outros resíduos orgânicos, por deposição por via húmida de N (NH_3 , NO_x e N orgânico), absorção foliar de NH_3 por deposição seca, por fixação simbiótica e não simbiótica de N_2 , por utilização de adubos minerais, através da água de rega e, eventualmente, inputs pelas sementes e exsudados radiculares. Por outro lado, é retirado do solo por exportação pelas culturas, escoamento superficial e erosão, lixiviação, desnitrificação, volatilização de NH_3 e de outros gases e adsorção e fixação nos colóides dos solos. O teor de N no solo varia geralmente entre 0,2 e 25 g kg^{-1} , sendo os valores mais baixos encontrados em profundidade e os mais elevados em solos orgânicos (Cordovil, 2004).

Do N total do solo, apenas 2 a 5% é N mineral (Cordovil, 2004) e aproximadamente 95 a 98% do azoto total é N orgânico. Ambas as formas, mineral e orgânica, permanecem em equilíbrio dinâmico no solo, sendo a mineralização e imobilização os processos responsáveis por este facto (Santos, 2002).

O NO_3^- é a forma de azoto mineral mais absorvida pelas raízes sendo bastante solúvel podendo ser arrastado pelas águas, ou seja, lixiviado, uma vez que sendo de carga negativa não tem fácil retenção física no solo (Santos, 2002).

O NH_4^+ , o amoníaco, é absorvível pelas plantas e pode ser adsorvido pelos colóides minerais e orgânicos do solo, nos quais predominam as cargas negativas que lhes permite adsorver iões que apresentem carga positiva, como é o caso do NH_4^+ (Santos, 2002). A capacidade de adsorção de NH_4^+ por parte de um solo, depende da presença de matéria orgânica (MO) e minerais de argila principalmente vermiculite e ilite, da concentração de NH_4^+ na solução do solo, da alternância de processos congelamento/descongelamento e humedecimento/secagem, da presença de catiões nomeadamente o K^+ , do pH e do teor de MO (Nommik & Vahtras, 1982).

3- Azoto na Planta

Na planta o N encontra-se, relativamente à matéria seca, em quantidades que vão de 1 a 5% do total e cerca de 40 a 50% no protoplasma das células (Santos, 2002). É um elemento constituinte da clorofila, de todas as proteínas, incluindo as enzimas, dos ácidos nucleicos e de muitos outros componentes essenciais para os processos de crescimento (Rodrigues, *et al.*, 2000).

A fertilização com N acelera o crescimento vegetativo das plantas (Witzell & Shevtsova, 2004), sendo a baixa disponibilidade de N a condição comum mais limitante da produção primária das plantas (Brandt & Molgaard, 2001; Cantarero *et al.*, 1997; Witzell & Shevtsova, 2004).

Nas plantas, o N inorgânico geralmente não é armazenado nas células, mas é rapidamente incorporado em proteínas ou aminoácidos, (Chapin *et al.*, 1990), e faz parte da molécula de clorofila (Santos, 2002).

As plantas absorvem N sobretudo através das raízes, embora também o possam fazer pelas folhas através dos estomas e macroporos da cutícula externa. O N é absorvido pelas raízes sobretudo na forma nítrica e amoniacal e nas folhas pode ser absorvido na forma amídica (Santos, 2002). Do ponto de vista energético as plantas parecem preferir a absorção de NH_4^+ , uma vez que o NO_3^- depois de absorvido tem de ser fortemente reduzido a NH_4^+ , antes de ser incorporado em compostos orgânicos, processo para o qual, consome energia (consumo de duas moléculas de NADH por cada ião de nitrato reduzido) (Tisdale *et al.*, 1985). No entanto, como a amónia se nitrifica rapidamente no solo, e como os nitratos são facilmente solúveis na solução do solo, o N nítrico torna-se frequentemente a forma de N mais absorvida pelas plantas.

4- Adubação Azotada e Produção de grão

O trigo é normalmente semeado entre novembro e meados de dezembro, ocorrendo o afilhamento e a diferenciação das espiguetas entre dezembro e fevereiro. Dada a influência decisiva do número de grãos por unidade de superfície na produtividade da cultura, qualquer deficiência azotada nesta fase conduz a perdas irremediáveis da produção. Isto significa que o azoto tem de estar disponível para a cultura entre dezembro e fevereiro, numa época em que as suas perdas potenciais por lavagem e desnitrificação são elevadas no clima mediterrânico. Almeida (2015), refere que as perdas medidas de azoto por lavagem atingiram valores de 90 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ na Tapada da Ajuda (Lisboa).

Quanto à eficiência de utilização deste nutriente, Lopez-Bellido *et al.* (2005), Lopez-Bellido *et al.* (2006), Patanita (2007) e Patanita & López-Bellido (2011 e 2016) indicam, na região mediterrânica do Sul de Espanha e Portugal, recuperações médias de ¹⁵N fertilizante 38,6% (16,8 a 50,6) para o trigo mole em sequeiro, 37,0% (19,6 a 43,7) para o trigo duro em sequeiro e 36,6% (30,5 a 43,5) para a cevada dística em regadio.

Considerando as restrições edáficas nos ambientes mediterrânicos, que resultam do baixo teor em matéria orgânica da generalidade dos solos, o que torna a cultura muito dependente da aplicação de adubos, e da má drenagem, que agrava as perdas de azoto por desnitrificação para além de limitar a entrada de máquinas no terreno para uma repartição conveniente do adubo, importa aumentar a eficiência do uso do azoto (EUA) (Carvalho, 2015). Para tal, torna-se necessário aumentar as reservas do solo em azoto e diminuir as suas perdas nos adubos aplicados.

A utilização de adubos amoniacais conjuntamente com inibidores da nitrificação tem revelado potencial para reduzir as perdas de N tanto por lavagem como por desnitrificação (Lopez-Bellido *et al.* 2005). O teor do solo em N pode ser aumentado pela inclusão de leguminosas na rotação, apesar dos resultados poderem ser erráticos, uma vez que a fixação biológica de N é dependente das condições ambientais e apresenta uma grande variação (Carvalho *et al.* 1995). Outra possibilidade é o aumento do teor do solo em matéria orgânica, o que é uma tarefa difícil em condições Mediterrânicas, devido ao efeito da temperatura média anual na sua taxa de mineralização (Trenkel, 2007).

A eficiência da adubação azotada, na produção de trigo em condições Mediterrânicas de sequeiro, é normalmente baixa, por restrições edafo-climáticas. Por um lado, a variabilidade intra-anual do clima torna muito difícil o cálculo da adubação ótima e, assim, conduz a erros frequentes na dose a aplicar e, por outro lado, as perdas por lixiviação e desnitrificação decorrentes das precipitações do período invernal. A solução para este problema passa por repartir a adubação azotada em cobertura, ajustando-a ao valor da precipitação. Carvalho (2015) propôs, para os solos de “Barro” em Beja, uma equação quadrática para explicar a relação entre a precipitação e a produtividade. O autor concluiu que o efeito negativo do excesso de precipitação pode compensar-se, parcialmente, através da aplicação de N. Assim, só é possível manter elevadas produções em anos húmidos com fertilizações de N igualmente elevadas (Carvalho *et al.*, 1995).

Para diminuir o risco de lixiviação deve-se utilizar adubos amoniacais com inibidores da nitrificação, ou a incorporação de leguminosas anuais como precedentes do trigo na rotação. Outra via trata-se do aumento do teor do solo em matéria orgânica. Para o efeito é necessário reduzir as suas perdas, ou seja, mobilizar o solo o mínimo possível, e aumentar o retorno dos resíduos ao solo (Dôres *et al.*, 2014). Neste caso, o azoto fixado pelas leguminosas não se destina a ser absorvido pelo cereal, mas sim a permitir aos micróbios do solo a transformação do carbono recalcitrante das palhas, especialmente a lignina, em húmus do solo (Carvalho, 2016).

5- Adubação Azotada e qualidade do grão

A qualidade do trigo para panificação está associada, frequentemente, com os níveis de proteína no grão, a quantidade e qualidade do glúten e as propriedades reológicas da massa. O azoto e o enxofre são os nutrientes que mais provocam o aumento dos teores de glúten e de proteína nos grãos de trigo (Costa *et al.*, 2017).

As condições de fertilização, em particular a disponibilidade de azoto e enxofre, afetam muito significativamente as quantidades absolutas e relativas dos diferentes tipos de proteínas. Uma fertilização abundante em azoto contribui para um aumento do teor proteico, mas não tem um efeito diferencial nas frações de gluteninas e gliadinas (Bagulho, 2008).

A disponibilidade do enxofre no solo melhora a eficiência do uso do azoto. A deficiência deste nutriente origina alterações na síntese das proteínas do glúten que favorecem a acumulação preferencial daquelas que são pobres em enxofre e desfavoráveis para as suas propriedades viscoelásticas (Brites, 1998).

Um elevado conteúdo de proteínas não é, por si só, indicativo de boa qualidade, visto que a qualidade de panificação depende da composição e da interação das principais proteínas de glúten (gluteninas e gliadinas), as quais devem apresentar uma combinação ideal entre quantidade e qualidade. Além disso, genótipos com bases genéticas diferentes também apresentam resposta diferenciada à aplicação de azoto (Costa, 2017).

Aplicações mais tardias do azoto favorecem mais a acumulação das proteínas no grão que o aumento do rendimento, influenciando assim a qualidade da farinha. São necessários teores altos de proteína bruta para conferirem força às massas utilizadas em panificação (Poblaciones, 2007).

A quantidade do azoto aplicado e a sua distribuição ao longo do ciclo da cultura são fatores decisivos para a obtenção de altos rendimentos, maiores teores de proteína e melhores parâmetros alveográficos, no trigo mole, nomeadamente maiores valores de W (força) e valores da relação P/L mais equilibrados (relação entre tenacidade e extensibilidade), melhorando assim o comportamento da massa (Garrido-Lestache *et al.*, 2004; López-Bellido *et al.*, 2007).

A aplicação de maiores doses de azoto no início do espigamento da cultura do trigo proporcionou, aumentos na percentagem de proteína bruta do grão e na força do glúten da farinha (Filho, 1999).

6- Componentes do Grão e Qualidade Tecnológica

6.1-Contituição do Grão

O grão de trigo é constituído pelo pericarpo (12-18%), pelo endosperma (80-85%) e pelo gérmen (2-3%), sendo o endosperma da maior importância por dar origem à farinha depois de separado dos restantes componentes durante o processo de moagem (Bagulho, 2008). Os principais nutrientes no grão de trigo estão referidos na Figura 1.

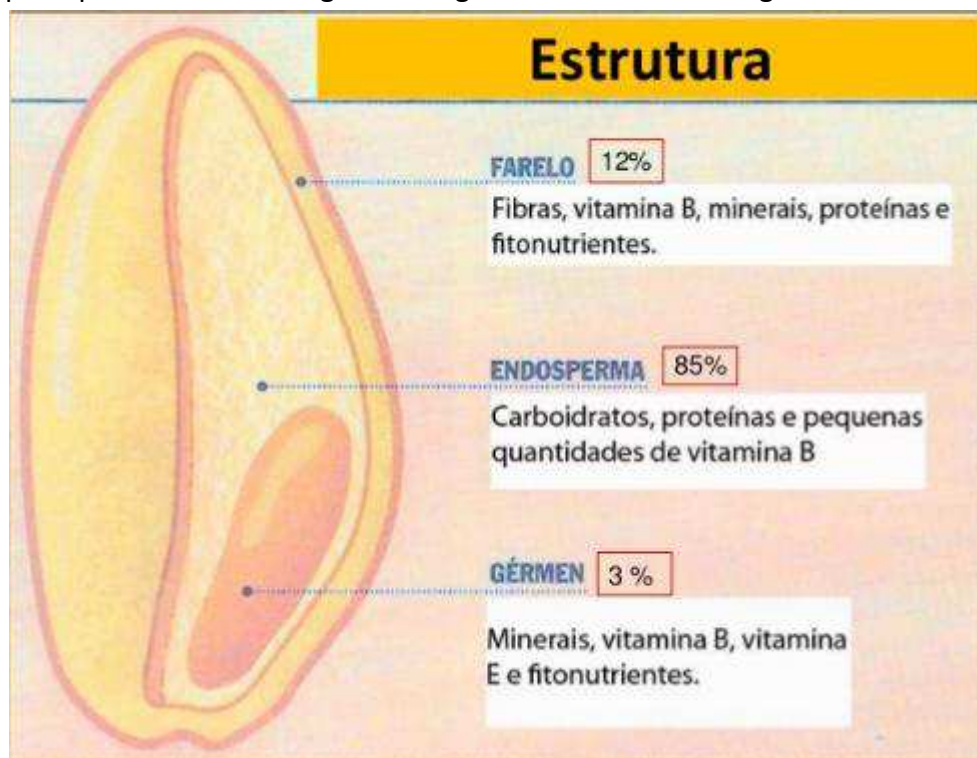


Figura 1-Estrutura do grão de trigo (Garofani, 2012)

No trigo distinguem-se duas classes de dureza do grão, de acordo com a espécie cultivada: trigo duro (*Triticum durum*) e trigo mole (*Triticum aestivum*). Os termos duro e mole estão relacionados com a textura da semente. Trigos duros requerem maior força para se desintegrarem e apresentam maior tamanho de partículas em relação aos trigos moles (Bagulho, 2008).

O conhecimento da qualidade tecnológica dos trigos, para a indústria da panificação no caso dos trigos moles e para a indústria das massas alimentares no caso dos trigo duros, é de grande utilidade, tanto para os agricultores como para a indústria, um vez que possibilita a escolha dos genótipos mais adequados em função das características pretendidas no produto a comercializar. A aptidão dos genótipos de trigo para os diferentes usos industriais é determinada por várias características do grão e da farinha, que são dependentes do genótipo e das condições ambientais, como o clima, o solo, a incidência de pragas e doenças e práticas culturais (Bequette, 1989).

O conceito de qualidade do trigo está relacionado com o seu uso e difere entre os sectores que o avaliam. Dessa forma, para o setor da moagem, a qualidade significa matéria-prima uniforme em tamanho e forma, peso do hectolitro e rendimento em farinha elevados, bem como uma coloração desejável do produto final. Os parâmetros de qualidade variam se a mesma for destinada à panificação, produção de massas alimentícias, de bolos ou biscoitos (Costa & Patanita, 2015).

As características tecnológicas da farinha de trigo, como uma elevada capacidade de absorção de água, coloração clara, boa tolerância ao amassamento, são parâmetros de qualidade desejáveis pelo panificador. O moageiro só poderá atender a estes requisitos se adquirir matéria-prima de qualidade (Bagulho, 2008).

Neste contexto, a qualidade é uma característica explorada pelos melhoradores de plantas, que têm ainda como objetivos a produção e a sua regularidade, selecionando variedades capazes de se adaptarem bem à especificidade do clima de cada região (Bagulho, 2008).

6.2- Peso do grão

O peso do grão, habitualmente dado pelo peso de mil grãos, é uma característica que está relacionada com a qualidade e a produtividade do grão. Permite caracterizar uma variedade, põe em evidência as anomalias produzidas no grão durante a sua formação e possibilita o estudo da influência de tratamentos realizados na cultura bem como das condições climáticas verificadas, particularmente, no período de enchimento do grão. Como tal, é uma característica com grande interesse nos ensaios agronómicos (Oliveira, 2012).

6.3- Massa do Hectolitro

A massa do hectolitro, também denominada por peso específico ou densidade aparente, é expressa em peso de grão por unidade de volume (kg hl^{-1}). Depende da variedade, das condições ambientais de cada local e de cada ano e de algumas técnicas de cultivo, entre as quais a fertilização e a rega.

Uma massa de hectolitro com um valor elevado, é sinal de uma boa formação do grão e indica a acumulação de nutrientes no grão. É uma medida que pode contribuir para avaliação da qualidade do grão, uma vez que se relaciona com fatores como grãos mal formados e impurezas. Condições de secura e altas temperaturas durante o enchimento e maturação do grão levam a uma diminuição da massa de hectolitro. Dentro de certos intervalos, o aumento da massa de hectolitro leva a um aumento do rendimento em farinha (Costa & Patanita, 2015).

6.4- Humidade

A determinação da humidade apresenta interesse tecnológico, analítico e comercial. Tecnológico, porque através dela pode depender a escolha do momento da colheita, da secagem e do armazenamento do grão, assim como da sua transformação industrial. Tem também um interesse analítico, dada a necessidade de exprimir os resultados das análises a uma base fixa, que se expressa em matéria seca ou num conteúdo de água padronizada. Valor comercial, pois em geral, o preço do trigo depende também do seu teor de humidade.

Para determinar a humidade empregam-se diversos métodos. O método NIT (Espectrofotometria de Transmitância no Infravermelho Próximo), é um método indireto com grande precisão que determina em simultâneo os principais componentes do grão, mas é a secagem em estufa o utilizado como método de referência (Costa & Patanita, 2015).

6.5- Proteína

A quantidade e a qualidade das proteínas são fatores determinantes da qualidade de um trigo. A qualidade das proteínas está principalmente ligada ao genótipo, sendo portanto hereditária e dependente da variedade, enquanto que a quantidade é uma característica fenotípica, ligada à influência ambiental e às práticas culturais. O teor de proteína é muito variável (7-22%, vulgarmente entre 10 e 15%), dependendo da variedade, das condições ambientais e da disponibilidade de azoto. A comercialização dos trigos realiza-se em função da proteína.

As proteínas dos cereais classificam-se de acordo com a sua solubilidade em albuminas, globulinas, gliadinas e gluteninas.

As gluteninas e gliadinas são as proteínas que constituem o glúten, presentes no endosperma da semente. Representam cerca de 85% das proteínas da farinha e são as principais responsáveis pela qualidade panificável do trigo. As gluteninas, responsáveis pela elasticidade e força da massa e as gliadinas, responsáveis pelas características de viscosidade. A extensibilidade (capacidade de uma massa deformar sem quebrar) e a viscosidade são características desejáveis para os produtos de panificação e são muito influenciadas pelo teor e composição proteica (Oliveira, 2012).

O teor proteico é quantificado por diversos métodos, utilizando-se o Kjeldhal como referência para os cereais e seus derivados, onde o azoto é doseado e multiplicado por um fator convencional (5,7). Existem, no entanto, outros métodos mais simples e expeditos, como o NIT (Espectrofotometria de Transmitância no Infravermelho Próximo) ou NIR (Espectrofotometria de Refletância no Infravermelho Próximo). Estes são métodos indiretos que necessitam de calibração com amostras padrão, cujos equipamentos podem efetuar diversas medições no grão, nomeadamente, proteína, humidade, gordura, amido e glúten húmido (Costa *et al*, 2017).

6.6- Índice de Queda

É realizado com o equipamento Falling Number que realiza o procedimento de agitação e medição automaticamente. Mede a atividade da enzima alfa-amilase nos cereais, particularmente nas farinhas do trigo e do centeio, baseando-se na maior ou menor gelificação da suspensão aquosa de farinha em banho de água em ebulição, permitindo prever o seu comportamento durante a panificação. Os trigos germinados apresentam uma atividade amilásica muito elevada que liquefaz a massa e dificulta a panificação ou a impossibilita em casos extremos. No Quadro 1 encontra-se a interpretação dos valores do Índice de Queda de acordo com o Manual de Operação do método Falling Number (Costa & Patanita, 2015).

Quadro 1- Interpretação dos resultados do Índice de Queda para panificação.

Índice de queda (segundos)	Interpretação
<150	Alta atividade amilásica; trigo germinado; massa do pão pegajosa
200 a 300	Atividade amilásica ótima; trigo não germinado; bom pão
>300	Baixa atividade amilásica; massa seca; volume reduzido do pão

Fonte: (Cardoso, 2013).

A atividade alfa-amilásica pode interferir nas características visuais e sensoriais do produto de panificação. Há faixas dentro das quais as farinhas são consideradas próprias ou impróprias para panificação e para elaboração de outros produtos (Figura 2).

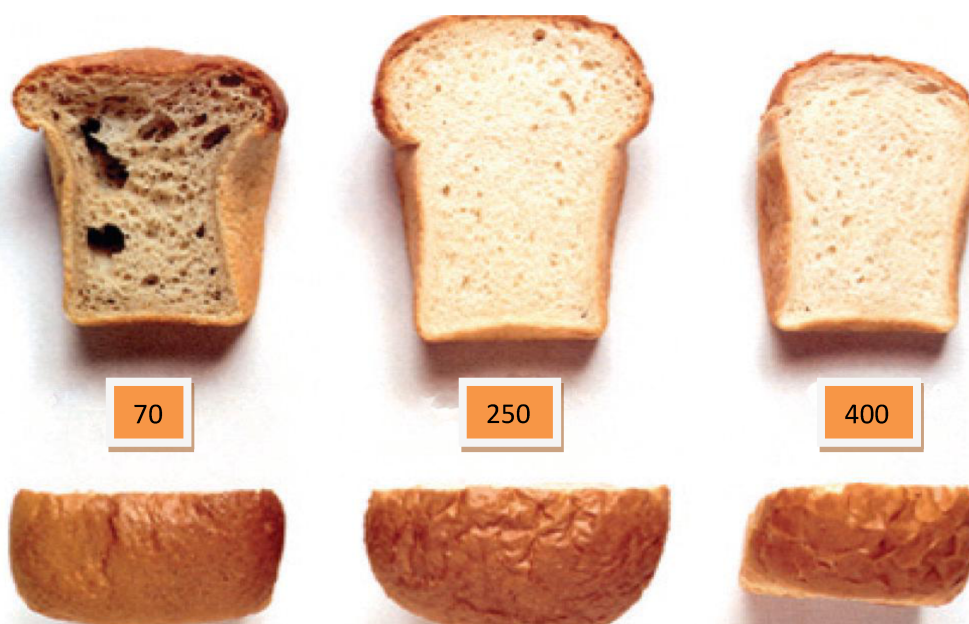


Figura 2- Aspeto dos pães com diferentes valores de Índice de Queda (segundos), consequência da influência da atividade da alfa amilase (Extraído de Perten, 2015).

No Quadro 2 podemos observar os valores de Índice de Queda referentes a quatro tipos de trigo para moagem.

Quadro 2- Valores de Índice de Queda para quatro tipos de trigo (Adaptado de Cardoso, 2013).

Tipo de trigo	Melhorador	Força	Panificação	Bolacha
Índice de queda (segundos)	Min. 260	Min.260	Min.250	Min.240

6.7- Glúten

O glúten da farinha de trigo é uma substância plástico-elástica constituída pelas proteínas gliadina e glutenina. É a fração funcional das proteínas, que determina mais diretamente a qualidade das farinhas para panificação. Extrai-se por lixiviação dos componentes solúveis da massa de farinha ao ser lavada com uma solução salina, de forma que as proteínas insolúveis em água hidratam-se formando uma rede continua, elástica e coesa de glúten que retém o CO₂ libertado a partir da fermentação realizada pelas leveduras. Esta retenção permite que a massa se expanda durante a sua cozedura, dando origem a pães de boa qualidade, volumosos e de textura esponjosa. O sistema Glutomatic é utilizado nas determinações do glúten húmido, índice de glúten e glúten seco.

Farinhas com um maior teor de glúten húmido originam pães mais volumosos e com uma estrutura esponjosa (Figura 3).

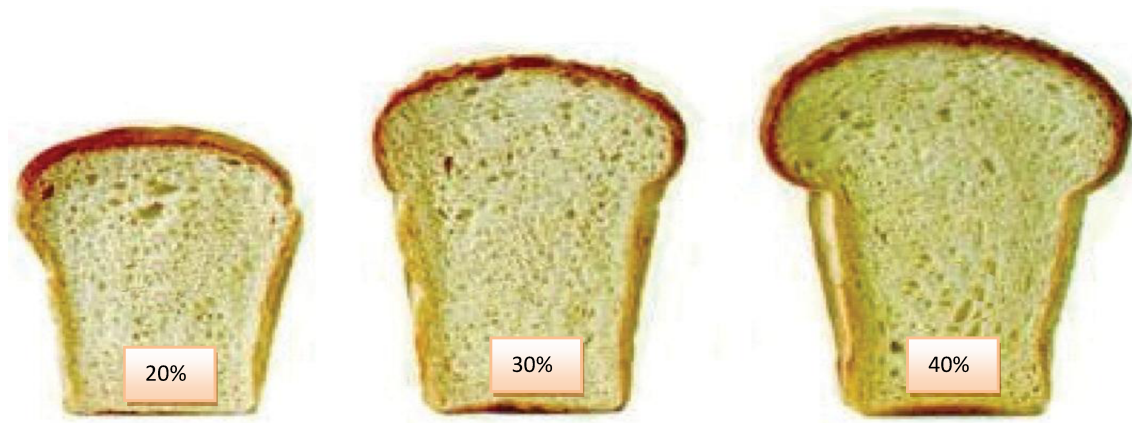


Figura 3 - Aspeto dos pães com diferentes teores de glúten húmido (Extraído de Perten, 2015).

6.8- Índice de Sedimentação de Zeleny

Mede a força do glúten, baseando-se nas propriedades de floculação das proteínas em meio ácido. Determina-se medindo numa proveta padronizada, após um período de tempo fixo, o volume de sedimento obtido a partir da floculação das proteínas, utilizando como solvente ácido láctico e álcool isopropílico.

Este índice está altamente correlacionado com a quantidade e qualidade das proteínas para a mesma variedade, sendo uma boa medida da “força” do trigo, relacionando-se bem com a determinação feita pelo alveógrafo de Chopin.

A escala estabelecida para avaliar a qualidade do trigo para panificação em função dos resultados do Índice de Zeleny é, de acordo com López-Bellido (1991), a indicada no Quadro 3.

Quadro 3- Escala para avaliar a qualidade do trigo para panificação em função dos resultados do Índice de Zeleny (Lopéz-Bellido, 1991).

Índice de zeleny em ml	Qualidade do trigo
>38 ml	Trigos melhoradores ou de força
28ml a 38 ml	Trigos de boa qualidade
18ml a 28ml	Trigos de qualidade aceitável
< 18 ml	Trigos de baixa qualidade

6.9- Alveograma de Chopin

O Alveógrafo de Chopin é o equipamento mais utilizado na indústria de moagem de trigo, servindo de base a todas as transações económicas quando chega o momento de avaliar a qualidade do trigo ou das farinhas. Simula graficamente o comportamento da massa durante a fermentação e permite uma boa avaliação da força e extensibilidade da massa em condições de hidratação constante. Faz-se uma amassadura em condições padronizadas, onde se efetua a extração de discos de massa que após o repouso são testados. Regista-se a formação do balão por “insuflação” de ar até à rotura do mesmo (Costa & Patanita, 2015).

Sobre a curva resultante (Figura 4) determinam-se os seguintes parâmetros:

- Força alveográfica (W) – energia (expressa em 10^{-4} J) necessária para deformar a massa até à sua rotura;
- Tenacidade (P) – pressão máxima necessária à deformação da massa (expressa em mm), que está relacionada com a resistência da massa à deformação;

Extensibilidade (L) – a abcissa correspondente ao ponto de rotura (expressa em mm) que corresponde à elasticidade da massa.

- Relação de equilíbrio (P/L) – relação entre a tenacidade e a extensibilidade, que indica de uma forma numérica a configuração da curva, expressando o equilíbrio da massa.

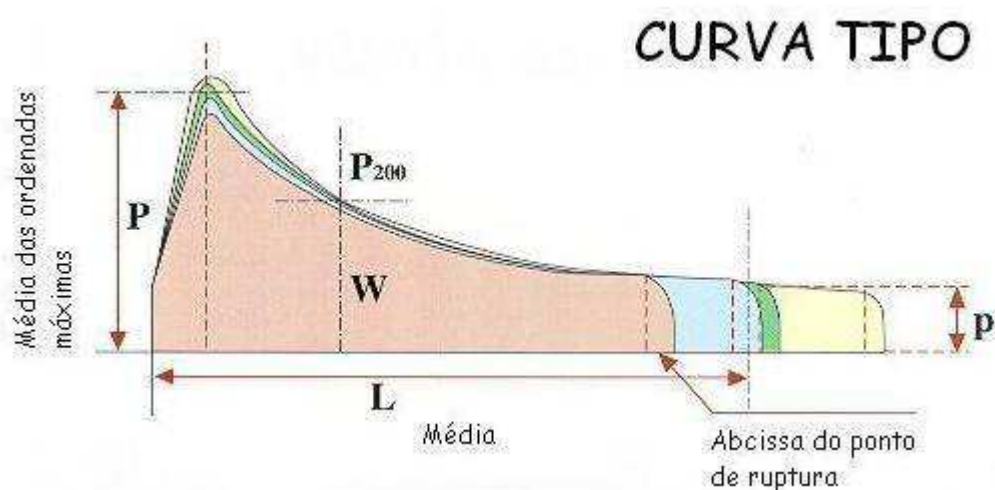


Figura 4 - Curva alveográfica com os principais parâmetros (Extraído de EQEC, 2015).

Os valores de W e P/L para quatro tipos básicos de trigo para moagem são, de acordo com Cardoso (2013), os seguintes:

- $W \geq 300 \times 10^{-4} \text{ J}$ e P/L entre 0,5 – 0,8: trigo melhorador;
- $W \geq 200 \times 10^{-4} \text{ J}$ e P/L entre 0,5 – 0,8: trigo de força;
- $W \geq 150 \times 10^{-4} \text{ J}$ e P/L entre 0,5 – 0,8: trigo para panificação;
- $W = 80 \times 10^{-4} \text{ J}$ a $120 \times 10^{-4} \text{ J}$ e P/L entre 0,3 – 0,5: trigo para bolacha.

Pela análise das características reológicas das massas obtidas, por meio do alveógrafo, resultam importantes aplicações, tais como:

- avaliação da qualidade de novas variedades e do valor de utilização dos trigos comercializados;
- determinação das proporções dos diversos trigos nas misturas para obtenção do lote adequado ao produto final;
- definição de tipos comerciais de farinhas e determinação das proporções das diversas farinhas numa mistura para manter as suas características o mais constante possível.

II – MATERIAL E METODOS

CAPÍTULO II – MATERIAL E METODOS

1- Localização dos Ensaio

Os ensaios de campo em estudo foram instalados no ano agrícola 2015/2016 na Herdade do Outeiro, Canhestros, concelho de Ferreira do Alentejo, (38°02'42"N, 8°15'59" O).

2- Solo

O solo onde foram instalados os ensaios encontra-se cartografado na Carta de Solos de Portugal N.º 42B, de acordo com SROA (1962), como Mediterrâneo Pardo Para-Solos Hidromórficos de arenitos ou conglomerados argilosos (família Pag). Possui uma textura arenosa ou franco-arenosa, por vezes com elementos grosseiros de quartzo e quartzitos, rolados ou subangulosos, uma profundidade de 20 a 30 cm no horizonte A1 e com um pH de 5 a 6, no horizonte A2 com profundidade até 20cm. Segundo (Cardoso, 1965), o solo é pouco desenvolvido, transitando para Planossolos (solo mal drenado).

Em amostras recolhidas no local, realizaram-se análises físico-químicas, nas quais se obtiveram os resultados indicados no Quadro 4.

Quadro 4 – Resultados da análise físico – química do solo do local dos ensaios.

Análises físico-químicas	Resultados	Classificação
Terra fina (%)	75,1	...
Densidade aparente	1,1	...
Textura manual (ou de campo)	Mediana	...
Matéria Orgânica total (%) (Walkley & Black)	1,0	Nível muito baixo
Potássio extraível (mg kg ⁻¹) (Egner-Riehm)	49	Nível baixo
Fósforo extraível (mg kg ⁻¹) (Egner-Riehm)	24	Nível muito baixo
pH (H ₂ O)	6,2	Reação pouco ácida

3- Clima

O clima é tipicamente mediterrâneo, com a concentração das chuvas no inverno e verão quente e seco.

No ano agrícola em que decorreram os estudos (2015/16), durante o ciclo cultural, a média das temperaturas máximas foi mais elevada nos meses de inverno, principalmente nos meses de dezembro e janeiro, em relação ao período de 1971-2000 (Figura 5), situação que poderá ter prejudicado a fase de afilamento. A média das temperaturas mínimas, ainda em relação ao período 1971-2000, foi mais elevada em janeiro e mais baixa em março. Os restantes valores de temperatura, quer da média das mínimas, quer da média das máximas, foram as habituais, sem episódios de temperaturas excessivamente elevadas no período de enchimento do grão (Figura 5).

Quanto à precipitação, verificou-se um menor volume mensal nos meses de inverno no ano agrícola 2015/16, em relação ao período 1971-2000 (Figura 5), facto que não terá influenciado o desenvolvimento das plantas. Nos meses da primavera de 2015/16 a distribuição da precipitação foi distinta. Enquanto que março registou pouca precipitação (26,5 mm), tendo-se compensado com a rega (32 mm), os meses de abril e maio, respetivamente com 87,2 e 118,9 mm, foram particularmente chuvosos em relação ao que é habitual e indicado no período 1971-2000. Mesmo assim, tendo em conta que a precipitação foi mal distribuída ao longo dos meses, foi necessário regar o ensaio para satisfazer as necessidades das plantas, 34,2 e 11,4 mm, respetivamente, em abril e em maio.

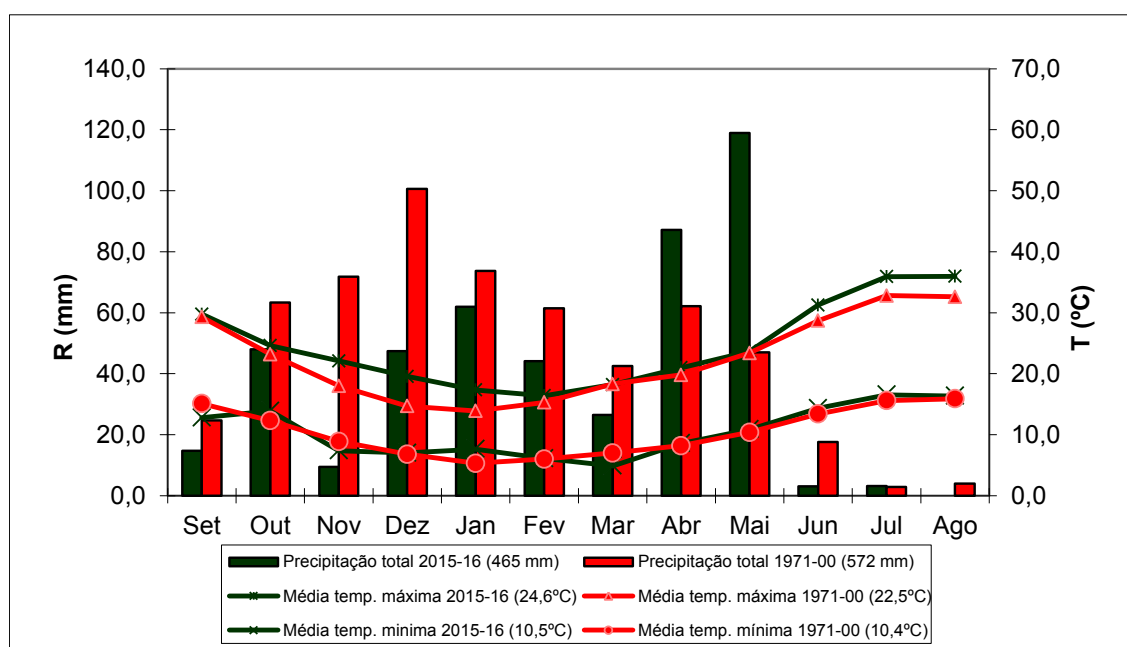


Figura 5 – Média das temperaturas máximas, média das temperaturas mínimas e precipitação total mensais no ano agrícola 2015/16 e no período 1971-2000 (COTR, 2016).

4- Itinerário Técnico

No Quadro 5 podemos ver o itinerário técnico seguido desde a instalação do ensaio até à colheita do mesmo. Não se refere a fertilização azotada porque é um dos fatores em estudo, sendo descrita nos adiante.

Quadro 5 – Itinerário técnico seguido no ensaio de campo (Herdade do Outeiro, 2015/16).

Operação/Máquinas	2015/2016		
	Data	Produto/Técnica cultural/Cultura	Dose
Precedente cultural		Girassol	
Preparação do solo		Grade +escarificador+ vibrocultor	
Sementeira	09/12/2015		400 sementes germináveis m ⁻²
Adubação fosfopotássica*	09/12/2015		82,5 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅ 82,5 kg ha ⁻¹ K ₂ O
Aplicação de herbicidas	04/02/2016	9,71% (p/p)pinoxadeno+2,43% (p/p)cloquintoceto-mexilo	400 ml ha ⁻¹
		Grânulos solúveis em água (SG) c/ 50% (p/p) de tribenurão-metilo	30 g ha ⁻¹
		47% p / p Óleo de colza metilado	1 l ha ⁻¹
Aplicação de fungicida	23/02/2016	22,52 % (p/p) de picoxistrobina	1 l ha ⁻¹
Aplicação de fungicida	17/03/2016	23,1%(p/p) de azoxistrobina	1 l ha ⁻¹
Aplicação de fungicida	07/04/2016	12,7%(p/p) de tebuconazol	1 l ha ⁻¹
Rega total			860 m ³ ha ⁻¹
Colheita	05/07/2016		

* A adubação fosfopotássica foi ajustada, com recurso ao adubo Amicote CV 44G 0-20-17, nos diferentes tratamentos, quer de adubos clássicos, quer de adubos específicos, para 82,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de K₂O, uma vez que estas foram as quantidades incorporadas com a aplicação à sementeira da totalidade do adubo ternário no ensaio de adubos específicos.

5- Fatores de Estudo e Delineamento Experimental

Instalaram-se dois ensaios de campo utilizando diferentes tipos de adubo azotados: um utilizando adubos clássicos e outro com adubos específicos (inibidor de nitrificação e macromolécula reguladora da lixiviação e volatilização, de libertação controlada).

Para cada ensaio, o delineamento experimental utilizado foi um bifatorial em «split-plot» com quatro repetições. Os fatores em estudo foram os seguintes:

- variedade ('Antequera', 'Bancal', 'Paiva' e 'Roxo'), como fator principal;

- época de aplicação/fracionamento da fertilização azotada (Quadros 6 e 7) como fator secundário.

A dose total de azoto, para qualquer um dos tratamentos época de aplicação/fracionamento da fertilização azotada estudados, foi de 165 kg ha⁻¹, valor este que decorre dos valores máximos de azoto a aplicar por cultura nas explorações situadas nas Zonas Vulneráveis.

Em cada ensaio foram individualizadas 96 parcelas, cada qual com 30 m² (3m × 10m).

Quadro 6 - Caracterização dos tratamentos época/fracionamento de aplicação da fertilização azotada, relativamente aos adubos clássicos.

Tratamento	Épocas de aplicação (% do total)				
	Sementeira	Afilhamento	Encanamento	Emborrachamento	Ântese
A1	33	33	33		
A2	25	25	25		25
A3	25	25	25	25	
A4		50		25	25
A5	50		25	25	
A0					
	Ureia	Nergetic 34	Nitroamoniacal 26% + Ureia		

Quadro 7 - Caracterização dos tratamentos época/fracionamento de aplicação da fertilização azotada, relativamente aos adubos específicos.

Tratamento	Épocas de aplicação (% do total)				
	Sementeira	Afilhamento	Encanamento	Emborrachamento	Ântese
A1	100				
A2	50			50	
A3	50		25		25
A4	75			25	
A5	75		25		
A6	100				

Específicos *

Nitroamoniacal 26% + Ureia

* A1 a A5 Entec 20-10-10; A6 Nergetic 20-8-10

Os adubos clássicos aplicados, Ureia, Nergetic 34 e Nitroamoniacal 27%, e os específicos, Entec20-10-10, Nergetic 20-8-10, apresentam como principais características as a seguir referidas (ADP, 2010).

- **Ureia**, o adobo Ureia costuma ser utilizado em adubação de fundo, de cobertura e adubação foliar. Não é recomendada a sua aplicação em solos alcalinos e/ou arenosos.
 - Composto orgânico de síntese, de fórmula NH₂CONH₂, doseando 46% de azoto (N).
 - Todo o azoto na forma ureica. Teor de biureto inferior a 1%.

- Tanto mais rápida quanto mais elevada for a temperatura e a humidade do solo. Risco elevado de volatilização.
- Pérolas brancas (prilada) ou granulada.
- **Nergetic 34**, o adubo Nergetic 34 Zimactiv é um adubo azotado ureia com sulfato de amónio, Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdénio (Mo) e Zinco (Zn) 34 (15).
 - 34% Azoto (N) total, sendo 27 % Azoto (N) nítrico e 7 % Azoto (N) amoniacal;
 - 15% Trióxido de enxofre (SO₃) solúvel em água.
 - 0,1 % Ferro (Fe), 0,1% Manganês (Mn), 0,001% Molibdénio (Mo), 0,1 % Zinco (Zn).
- **Nitromagnésio**, o adubo Nitromagnésio 27-0-0 é um adubo convencional elementar, utilizado em adubação de cobertura na maioria das culturas, recomendado em culturas exigentes em magnésio, apresentando a sua composição as seguintes características:
 - 27 % Azoto (N) total, sendo 13.5 % Azoto (N) nítrico e 13.5 % Azoto (N) amoniacal;
 - 3.5 % Óxido de cálcio (CaO) solúvel em água;
 - 3.5 % Óxido de magnésio (MgO) total, sendo 0.9% Óxido de magnésio (MgO) solúvel em água;
 - 5 % Trióxido de enxofre (SO₃) total, sendo 2.5 % Trióxido de enxofre (SO₃) solúvel em água.
- **ENTEC**, o adubo Entec 20-10-10 possui um inibidor de nitrificação DMPP, que inibe a nitrificação do azoto, apresentando a sua composição as seguintes características:
 - 20 % Azoto (N) total, sendo 9 % Azoto (N) nítrico e 11 %Azoto (N) amoniacal;
 - 10 % Pentóxido de fósforo (P₂O₅) solúvel em citrato de amónio neutro e em água, sendo 7 % Pentóxido de fósforo (P₂O₅) solúvel em água;
 - 10 %Óxido de potássio (K₂O) solúvel em água;
 - 7,5 % Trióxido de enxofre (SO₃) total, sendo 6 % Trióxido de enxofre (SO₃) solúvel em água;
 - 0,8% DMPP (3,4-dimetilpirazol fosfato) em relação com o azoto amoniacal.
- **NERGETIC**, o adubo Nergetic 20-8-10 é um adubo com uma macromolécula reguladora da lixiviação e volatilização, de libertação controlada e com um eficiente potenciador nutricional, apresentando a sua composição as seguintes características:
 - 20 % Azoto (N) total, sendo 5 % Azoto (N) amoniacal e 15 % Azoto (N) ureico;
 - 8 % Pentóxido de fósforo (P₂O₅) solúvel em citrato de amónio neutro e em água, sendo 4 % Pentóxido de fósforo (P₂O₅) solúvel em água;
 - 10 % Óxido de potássio (K₂O) solúvel em água;
 - 12 % Trióxido de enxofre (SO₃) total, sendo 6 % Trióxido de enxofre (SO₃) solúvel em água.

Como podemos verificar os adubos utilizados no ensaio de adubação específica tem características especiais. Estes adubos cedem os nutrientes de forma gradual, ao longo do ciclo da cultura, procurando aproximar-se da “solução ideal”. Trenkel (2007), classifica estes adubos da seguinte forma:

- Liberação lenta (produtos de degradação microbiana, como ureia-formaldeído, baixa solubilidade);
- Liberação controlada (produtos protegidos, revestidos por películas de enxofre), onde se inclui o NERGETIC 20-8-10;
- Estabilizados (introdução de inibidores da nitrificação ou da hidrólise da ureia, onde se inclui o ENTEC 20-10-10).

6- Características medidas

6.1- Produção de grão e componentes da produção

A produção de grão foi obtida pela colheita, através de ceifeira-debulhadora de ensaios (Hege 125C), numa área de 13,5 m² (1,35m × 10m), corrigida para 12% de humidade e extrapolada para o hectare

O peso de mil grãos foi determinado por contagem eletrónica num contador Numigral (Pfeuffer) segundo a norma ISSO 520:1977.

O número de grãos m⁻² foi obtido a partir da produção de grão por hectare e do peso de mil grãos (produção de grão em kg ha⁻¹ / peso de mil grãos em grama × 10²)

6.2- Qualidade do grão ou da farinha

6.2.1. Massa do Hectolitro

Foi determinado num Sitómetro (Ele) de acordo com Norma Portuguesa 988 (2000).

6.2.2- Teor de Humidade

A humidade foi determinada pelo NIR. Utilizou-se um aparelho NIT-Espectrofotometria de Transmitância no Infravermelho Próximo (InfratecTM 1241), como se mostra na Figura 6.



Figura 6- Equipamento NIT-Espectrofotometria de Transmitância no Infravermelho Próximo (Infratec™ 1241), usado para determinação da humidade e proteína em grão de trigo.

6.2.3- Teor de Proteína

A quantificação das proteínas totais do grão foi realizada pelo NIR segundo a norma ICC nº 159. Usou-se um aparelho NIT-Espectrofotometria de Transmitância no Infravermelho Próximo (Infratec™ 1241), que se pode observar na Figura 6.

6.2.4- Teor de Glúten Húmido, Seco e Índice de Glúten

Para se estimar a quantidade e qualidade do glúten utilizou-se o método de extração mecânica através do equipamento Glutomatic (Perten Instruments), que se mostra na Figura 7, segundo a Norma ISO 21415-2:2006 (E).

O glúten húmido foi extraído mecanicamente a partir da farinha/sêmola por lavagens com uma solução de cloreto de sódio (2% p/v), e consequente centrifugação. Pesou-se o resíduo obtido, calculando-se a percentagem de glúten húmido na farinha / sêmola.

O glúten seco foi obtido por pesagem após secagem no equipamento Glutork 2020 (Perten Instruments) segundo a Norma ISO 21415-4:2006 (E), calculando-se a percentagem de glúten seco na farinha / sêmola.

O índice de glúten é um indicador da força do glúten e foi estimado de acordo com a norma ICC Standard Nº 158 (1995). De acordo com este método o índice de glúten corresponde à percentagem de glúten húmido que permanece no crivo após centrifugação. Se o glúten for de fraca qualidade, todo o glúten passa através do crivo e o índice tem um valor próximo de zero; caso contrário o glúten não atravessa o crivo e tem um valor próximo de 100.



Figura 7 - Equipamentos utilizados na determinação do glúten húmido, índice de glúten e glúten seco: Glutomatic 2020, centrífuga 2015 e secador de glúten Glutork 202

6.2.5- Índice de Zeleny

A determinação do Índice de Zeleny foi realizada com base na norma ISSO 5529: 1992.

Utilizando-se um moinho apropriado com um peneiro e rotações de acordo com a norma ISSO 565.

O índice de sedimentos, ou seja o número que indica o volume do depósito resulta de uma suspensão de farinha de trigo, numa solução de ácido láctico.

6.2.6- Índice de Queda

A determinação do índice de queda foi realizada segundo a Norma ISO 3093:2009 (E). A determinação é feita através de uma sequência de procedimentos indicados na Figura 8: Laboratory Mill 3100, agitador Shakematic 1090 e Banho Falling Number 1400.

Esta análise é também conhecida por Falling Number ou Índice de Hagberg, e avalia a atividade alfa-amilásica, permitindo detetar processos de degradação do amido. O processo baseia-se na gelatinização de uma suspensão aquosa de farinha num banho de água em ebulição e subsequente medição da liquefação devida à alfa-amilase do amido contido na amostra. Esta medição refere-se ao tempo necessário para que um agitador viscosimétrico atravesse uma distância fixa no gel aquoso de farinha (Bagulho, 2008).



Figura 8 - Equipamentos usados para determinar o Índice de Queda (Hagberg): moinho Laboratory Mill 3100, agitador Shakematic 1090 e Banho Falling Number 1400.

6.2.7- Rendimento em Farinha

Tendo em conta a humidade determinada no grão anteriormente, a amostra foi condicionada para se obter uma humidade de 16%, homogeneizada durante 30 minutos com a ajuda de um misturador Chopin MR2L, seguida de 24 horas de repouso e posterior moagem no moinho Chopin CD1, para obtenção da farinha.

O rendimento em farinha foi determinado a partir do peso (M) e da humidade (H) do grão e da farinha:

$$RF = \frac{[(100 - H_{\text{farinha}}(\%)) \times M_{\text{farinha}}]}{[(100 - H_{\text{grão}}(\%)) \times M_{\text{grão}}]} \times 100$$

6.2.8- Alveógrafo

Utilizou-se o alveógrafo Chopin MA87 (Figura 9), provido de uma amassadeira de 250g e calculadora RCV4 que permitiu a medição e registo automático dos dados. Seguiu-se a Norma Portuguesa 3181 (1986) com algumas alterações. A farinha (250g) foi hidratada com uma solução de cloreto de sódio a 2,5% em função da sua humidade, e foi amassada durante 7 minutos. Foi efetuada a extração de 5 discos que após 28 minutos foram testados. Para isso, insufla-se ar em condições determinadas sobre uma lâmina de massa que se deforma formando um balão, até à sua rutura (Figura 10). As variações de pressão são registadas graficamente, obtendo-se uma curva, a qual é designada de alveograma.



Figura 9 - Equipamentos utilizados na avaliação da qualidade para panificação do trigo mole: Alveógrafo Chopin MA 82, calculadora Chopin RCV4 e impressora Epson LX-800.



Figura 10 - Alveógrafo de Chopin MA 82 na fase de “insuflação” de ar sob o disco de massa, que se dilata formando uma bolha, até se dar a sua rotura.

7. Análise Estatística

A análise estatística dos dados foi realizada com recurso ao «software» «Statistix 8.0», de acordo com o delineamento experimental, tendo-se efetuado a análise de variância (ANOVA) e a comparação das médias através do teste LSD para um intervalo de confiança de 95%.

Para as características qualitativas Glúten Húmido, Índice de Zeleny, Índice de Queda, Rendimento em Farinha e Alveograma de Chopin, os resultados apresentados de cada ensaio de campo, dizem respeito a uma amostra composta das quatro repetições. Considerando a elevada repetibilidade dos valores destas características qualitativas, optou-se pela sua determinação apenas nas amostras compostas.

III – RESULTADOS

CAPÍTULO III – RESULTADOS

1 – ENSAIO DE ADUBOS CLÁSSICOS

1.1- Produção de grão e componentes da produção

A ANOVA da produção de grão, do peso de 1000 grãos e do número de grãos m^{-2} revelou diferenças estatisticamente significativas para os dois fatores em estudo (variedade e adubação com adubos clássicos) e ausência do efeito da interação, o que significa que a época/fracionamento da adubação não dependeu da variedade (Quadro 8).

A variedade ‘Bancal’ foi a que proporcionou a produção de grão mais alta (6914 kg ha^{-1}), embora estatisticamente semelhante ao registado pela variedade Roxo (6559 kg ha^{-1}). A produção de grão mais baixa, menos 1013 kg ha^{-1} que a produção mais alta, foi obtida pela variedade ‘Antequera’ com 5901 kg ha^{-1} , estatisticamente diferente das restantes (Quadro 9).

No que diz respeito à época de aplicação/fracionamento da fertilização azotada com adubos clássicos, os tratamentos A5, A3 e A2 registaram os maiores valores de produção de grão, respetivamente, 6685 , 6593 e 6472 kg ha^{-1} . O tratamento A4, sem aplicação de azoto à sementeira, conduziu à produção de grão mais baixa (6153 kg ha^{-1}) dos tratamentos com fertilização, 532 kg ha^{-1} menos que a produção mais alta, embora estatisticamente semelhante aos valores obtidos nos tratamentos A1 e A2 (Quadro 9). O tratamento não fertilizado (A0), proporcionou uma produção de grão de 4211 kg ha^{-1} , valor muito elevado, a que não serão alheias as excelentes condições climáticas do ano agrícola, nomeadamente, no período entre o espigamento e a maturação fisiológica e o precedente cultural (girassol de regadio fertilizado).

Quanto à interação variedade \times época de aplicação/fracionamento da fertilização azotada com adubos clássicos, embora não se tenha revelado estatisticamente significativa, podemos observar na Figura 11, um comportamento distinto das variedades em função da época/fracionamento da aplicação do azoto. Assim, as variedades ‘Bancal’ e ‘Antequera’ exibiram, respetivamente, a maior e a menor produção de grão no tratamento A5, enquanto que no tratamento A4 o comportamento produtivo foi baixo e idêntico para as quatro variedades. Este tratamento é o único sem aplicação de N à sementeira.

Os resultados obtidos por Costa *et al.* (2016) numa réplica deste ensaio no ano agrícola 2014/15 na região de Elvas, mostram que as variedades ‘Roxo’ e ‘Paiva’ foram as mais produtivas, respetivamente, com 2107 e 2067 kg ha^{-1} e que a produção de grão mais elevada foi obtida pela variedade ‘Roxo’ no tratamento A5. Esta diferença de resultados poder-se-á justificar pela forte interação genótipo \times ambiente, típica das regiões mediterrânicas.

Resultados não publicados do mesmo ensaio, também na Herdade do Outeiro, no ano 2014/15, registaram valores mais elevados para a variedade ‘Paiva’ (5498 kg ha^{-1}) e para o tratamento A1 (5739 kg ha^{-1}).

Quadro 8 – ANOVA da produção de grão, peso de 1000 grãos e número de grãos m⁻².

Origem da variação	GL ^a	Produção de grão (kg/ha)		Peso de 1000 grãos (g)		Número de grãos m ⁻²	
		QM ^b	F	QM ^b	F	QM ^b	F
Repetição	3	989994		1,982		3682395	
Variedade (V)	3	3553942	9,63**	153,588	14,50***	39560000	89,69***
Adubação (A)	4	761938	3,75**	14,245	3,72*	4270619	5,42**
V × A	12	287260	1,42	2,974	0,78	906208	1,15
Coef. de Variação (%)		7,00		4,18		6,42	

^aGraus de Liberdade; ^bQuadrados Médios.

*, **, *** significativo para 0,05, 0,01 e 0,001 respetivamente.

Quadro 9 – Produção de grão corrigida para 12% de humidade (kg ha⁻¹), peso de mil grãos (g) e número de grãos m⁻² por variedade e por adubação com adubos clássicos, teste de comparação de médias (LSD) e percentagem relativa à média do ensaio.

Tratamento	Produção 12 % (kg ha ⁻¹)			Peso 1000 grãos (g)			Número de grãos m ⁻²		
	Prod.	LSD p≤0,05	% da média	Peso mil grãos	LSD p≤0,05	% da média	Nº grãos	LSD p≤0,05	% da média
<i>Variedade</i>									
Antequera	5901	c	92	50,19	a	107	11759	c	85
Roxo	6559	ab	102	44,12	c	94	14888	a	108
Paiva	6378	b	99	44,96	c	96	14182	b	103
Bancal	6914	a	107	47,79	b	102	14465	ab	105
<i>Adubação</i>									
A1	6286	bc	98	45,23	b	97	13949	a	101
A2	6472	abc	101	46,58	ab	100	13963	a	101
A3	6593	ab	102	47,10	a	101	14081	a	102
A4	6153	c	96	47,70	a	102	12918	b	94
A5	6685	a	104	47,21	a	101	14206	a	103
A0	4211	-	65	44,76	-	96	9208	-	68
Média	6438		100	46,76		100	13492		100

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças, para $p \leq 0,05$, entre os níveis de cada factor de estudo, de acordo com o teste de LSD.

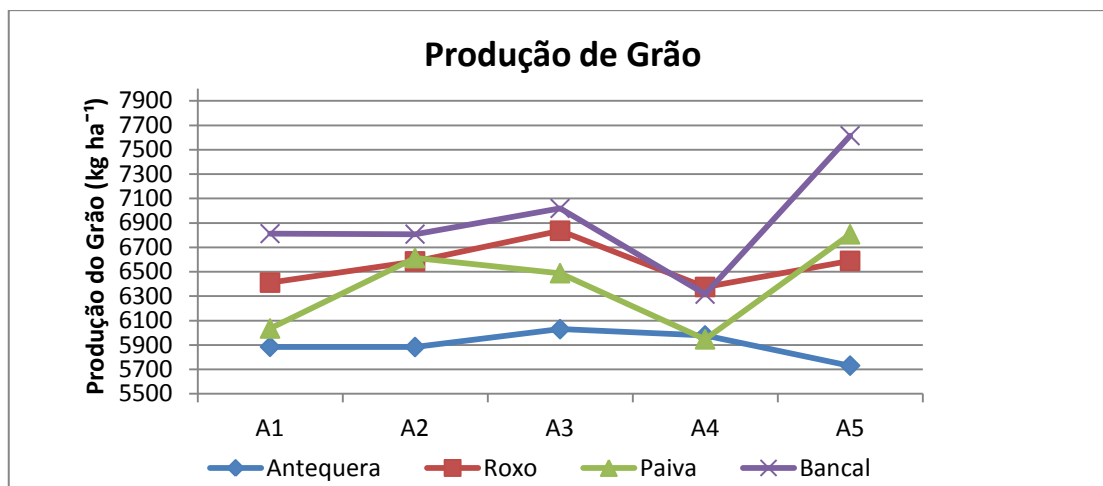


Figura 11– Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos na produção de grão (kg ha⁻¹).

O peso de mil grãos evidencia diferenças estatísticas altamente significativas entre as variedades e significativas para a época de aplicação/fracionamento do azoto.

A variedade 'Antequera', com o maior peso de mil grãos (50,19 g), foi estatisticamente diferente das outras e a aplicação de 25% do azoto ao emborrachamento proporcionou grãos mais pesados (Quadro 9). Com efeito, os tratamentos A3, A4 e A5 registaram peso de mil grãos mais elevado, embora sem diferenças significativas para o valor obtido no tratamento A2, com 25% do azoto aplicado à ântese (Quadro 9). O aumento do peso do grão com aplicações de azoto em estados fenológicos mais avançados, principalmente no emborrachamento, parece indiciar uma influência do azoto na produção e translocação de fotoassimilados para grão.

Nos resultados obtidos por Costa *et al.* (2016) nos ensaios de Elvas em 2014/15, a variedade 'Roxo', à semelhança do que se verificou nos ensaios em análise, foi a que registou menor peso de 1000 grãos (28,73 g), com diferença para as restantes variedades que foram semelhantes. Os tratamentos de época de aplicação/fracionamento do azoto A2 e A4, que correspondem a 25 % do azoto aplicado à ântese, para qualquer das variedades, foram aqueles onde se registaram maior peso do grão.

Na Figura 12 representa-se graficamente a interação variedade × época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos clássicos, na qual se pode observar que todas as variedades exibem o peso de 1000 grãos mais baixo no tratamento A1 (adubação azotada repartida de forma igual pela sementeira, afilhamento e encanamento) e que, exceto a variedade 'Roxo', atingem os valores mais elevados no tratamento A5.

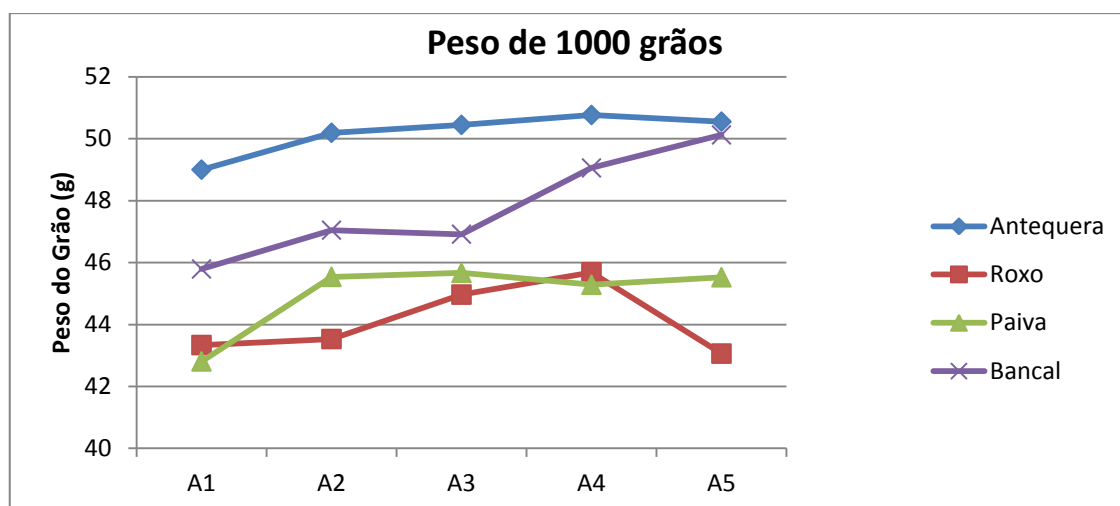


Figura 12 – Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos no peso de 1000 grãos.

Quanto à outra componente da produção, número de grãos m^{-2} , o seu comportamento ajusta-se ao que se verificou para a produção de grão. Os valores mais elevados foram obtidos pelas variedades com maior produção de grão, 'Bancal' e 'Roxo', respetivamente com 14465 e 14888 grãos m^{-2} . No que respeita à época de aplicação/fracionamento da fertilização azotada com adubos clássicos, o tratamento A5 registou o maior número de grãos m^{-2} (14206), estatisticamente semelhante aos restantes, exceto ao tratamento A4 (12918) que obteve o valor mais baixo (Quadro 9)

A interação variedade × época de aplicação/fracionamento da fertilização azotada com adubos clássicos, está representada na Figura 13, na qual se pode observar que no tratamento A5 as variedades que apresentaram maior número de grãos/ m^2 tiveram comportamento muito idêntico neste tratamento.

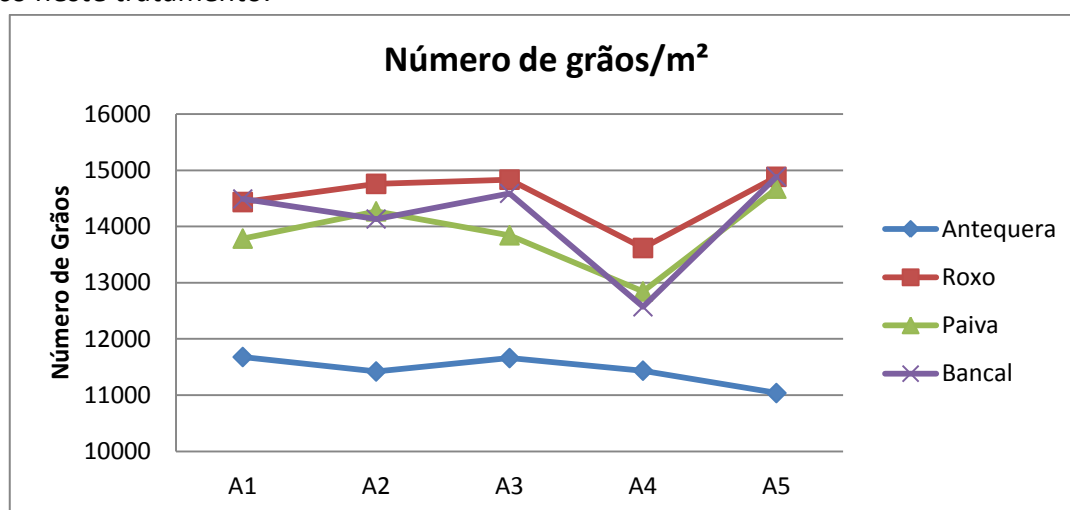


Figura 13– Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos no número de grão m^{-2} .

Saliente-se que, como se pode observar pelos coeficientes de correlação de Person Quadro 10, o número de grãos por espiga foi a componente que melhor se relacionou com o

número de grãos m^{-2} e, consequentemente, com a produção de grão, apresentando coeficientes de correlação de, respetivamente, 0,680 e 0,662, com $p < 0,001$ e $n = 96$. Esta maior influência do número de grãos por espiga no número de grãos m^{-2} em relação ao número de espigas m^{-2} é distinto ao referido por diversos autores (Carvalho, 1994; Maças, 1996; Patanita, 1997; Calado, 2008), mas poderá ser explicado pelas excelentes condições ambientais (temperaturas amenas e precipitação bem distribuída) no período do espigamento à maturação, ao contrário do que é habitual.

Quadro 10 – Coeficientes de correlação de Person ($n = 96$) entre a produção e componentes da produção no ensaio de adubos clássicos.

	Produção de grão	Peso 1000 grãos	Número de grãos/ m^2	Número de Espigas/ m^2
Peso de 1000 grãos	0,275**			
Número de grãos/ m^2	0,920***	-0,113		
Número de Espigas/ m^2	0,298**	-0,025	0,347***	
Número de grãos/espiga	0,662***	-0,042	0,680***	-0,437***

*, **, *** significativo para 0,05, 0,01 e 0,001 respetivamente.

1.2- Características físicas e químicas do grão ou da farinha

1.2.1 - Massa do hectolitro, teor de proteína e humidade do grão

A ANOVA da massa do hectolitro, do teor de proteína e da humidade do grão indicou diferenças estatisticamente significativas para o fator variedade. O efeito do fator adubação com adubos clássicos apenas foi significativo para o teor de proteína do grão e a interação variedade \times adubação com adubos clássicos somente mostrou efeito para a massa do hectolitro, ou seja, nesta característica a época de aplicação/fracionamento da adubação teve comportamento distinto em função da variedade (Quadro 11).

Quadro 11 – ANOVA da massa do hectolitro, do teor de proteína e da humidade do grão.

Origem da variação	GL ^a	Massa hectolitro (kg hl ⁻¹)		Proteína (% MS)		Humidade (%)	
		QM ^b	F	QM ^b	F	QM ^b	F
Repetição	3	3.7083		1.25255		0.16315	
Variedade (V)	3	37.9105	12,81**	3.52793	12,36**	3.16477	24,42***
Adubação (A)	4	3.077	2,28	1.58914	3,64*	0.23541	0,59
V \times A	12	3.3632	2,49*	0.73957	1,70	0.20605	0,52
Coef. de Variação (%)		1,45		4,67		6,23	

^aGraus de Liberdade; ^bQuadrados Médios.

*, **, *** significativo para 0,05, 0,01 e 0,001 respetivamente.

Quadro 12 – Massa do hectolitro (kg hl^{-1}), teor de proteína (% MS) e humidade do grão (%) por variedade e por adubação com adubos clássicos, teste de comparação de médias (LSD) e percentagem relativa à média do ensaio.

Tratamento	Massa hectolitro (kg hl^{-1})			Proteína (% MS)			Humidade (%)		
	Massa hectol.	LSD $p \leq 0,05$	% da média	Prot.	LSD $p \leq 0,05$	% da média	Humid	LSD $p \leq 0,05$	% da média
<i>Variedade</i>									
Antequera	81,58	a	102	13,89	b	98	9,88	c	98
Roxo	80,70	ab	101	14,77	a	104	9,70	c	96
Paiva	78,39	c	98	13,90	b	98	10,59	a	105
Bancal	79,64	b	99	14,05	b	99	10,26	b	101
<i>Adubação</i>									
A1	79,95	a	100	13,78	c	97	9,94	a	98
A2	79,62	a	99	13,90	bc	98	10,22	a	101
A3	80,76	a	101	14,21	abc	100	10,04	a	99
A4	80,21	a	100	14,34	ab	101	10,22	a	101
A5	79,85	a	100	14,54	a	103	10,12	a	100
A0	79,78	-	100	10,89	-	77	10,70		106
Média	80,08		100	14,15		100	10,11		100

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças, para $p \leq 0,05$, entre os níveis de cada fator de estudo, de acordo com o teste de LSD.

O trigo pode ser classificado, de acordo com o peso do hectolitro, segundo Guarienti (1996), como “muito pesado” ($80-83 \text{ kg hl}^{-1}$) e “pesado” ($76-79 \text{ kg hl}^{-1}$). Conforme os valores apresentados (Quadro 12), observa-se que as variedades ‘Antequera’, ‘Roxo’ e ‘Bancal’ estão dentro da classificação “muito pesado”, e que a variedade ‘Paiva’ se encontra na classe “pesado” proposta por este autor.

Sendo a massa do hectolitro um índice que reflete o rendimento dos grãos em farinha ou sêmola, esse rendimento será tanto mais elevado quanto maior for o peso do hectolitro da amostra (Mandarino, 1993).

A massa do hectolitro para além de ser influenciado pelo regime hídrico e pelas condições climáticas na altura do enchimento do grão, parece ser também determinado geneticamente, pois as variedades ‘Antequera’ e ‘Roxo’ registaram os valores mais elevados, independentemente do tratamento da época de aplicação/fracionamento da fertilização azotada com adubos clássicos, exceto ‘Roxo’ \times A5 (Figura 14).

Considerando os critérios de qualidade da Lista de Variedades Recomendadas (LVR) de trigos de qualidade (Anexo I), as variedades ‘Antequera’, ‘Roxo’ e ‘Bancal’ entram dentro da classe “Melhoradores” e a variedades ‘Paiva’, com uma massa do hectolitro mais baixa ($78,39 \text{ kg hl}^{-1}$), é classificada como um trigo “Semi corretor”.

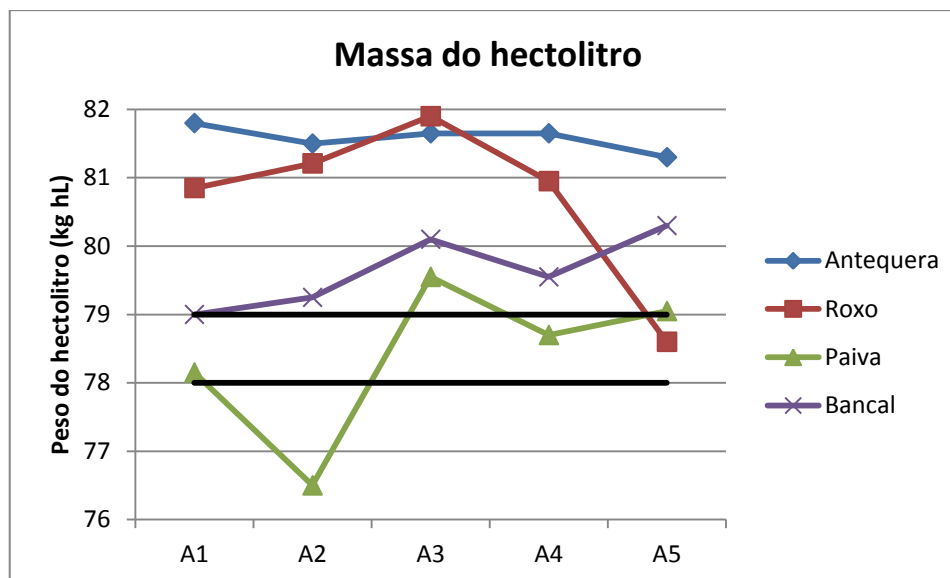


Figura 14 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos na massa do hectolitro.

Na ANOVA realizada para o teor de proteína do grão, verificamos que existem diferenças muito significativas entre as variedades e significativas entre as épocas/fracionamentos de aplicação de azoto. A variedade ‘Roxo’, com 14,77% de proteína, apresenta o valor mais elevado, estatisticamente diferente dos restantes, que são idênticos entre si. Importa todavia salientar que todas as variedades apresentam altos valores de proteína no grão, sempre superiores a 13,8%, como tal, para esta variável, as quatro variedades estão dentro das classes de qualidade “Melhorador” (‘Roxo’ e ‘Bancal’) ou “Semi-corretor” (‘Antequera’ e ‘Paiva’) da LVR (Anexo I).

No que respeita ao fator época/fracionamento de aplicação de azoto, o valor de proteína mais elevado foi obtido no tratamento A5 e o mais baixo no tratamento A1 (Quadro 12). Parece evidente que as aplicações de azoto tardias, no emborrachamento e na ântese, favorecem a “acumulação” de proteína no grão. No entanto, este efeito é mais evidente para as aplicações ao emborrachamento do que à ântese, provavelmente, porque esta aplicação sendo muito tardia, não haverá tempo suficiente para uma boa absorção do azoto. O tratamento sem fertilização (A0) conduziu a 10,89% de proteína do grão, 3,26% abaixo da média do ensaio.

Nos resultados obtidos por Bagulho *et al.* (2016) nos ensaios de Elvas em 2014/15, as variedades com maior teor de proteína no grão foram ‘Antequera’ e ‘Roxo’, ambas com 16%, enquanto que nos tratamentos época de aplicação/fracionamento de azoto se obtiveram valores entre 15,3% (A2) e 15,7% (A5), sem diferenças significativas entre eles.

A Figura 15 mostra-nos a interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos com as linhas correspondentes aos limites mínimos do teor de proteína para trigos “Melhoradores” (14,0%) e “Semi-corretores” (12,5%). Embora a interação não seja significativa, podemos observar que a tendência dos valores obtidos em cada época de aplicação/fracionamento não é idêntica para todas as variedades.

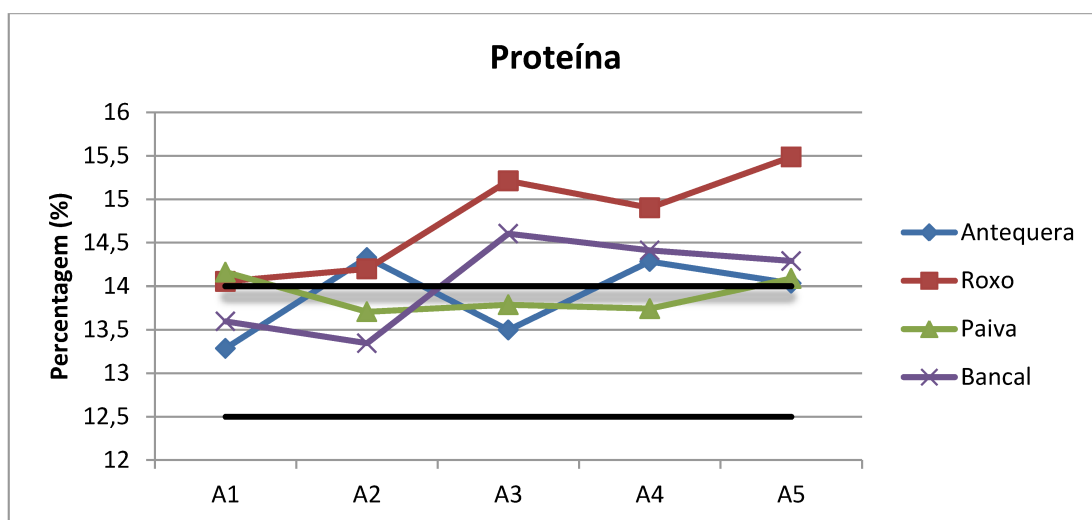


Figura 15 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos no teor de proteína do grão.

O teor de humidade do grão das variedades foi baixo e muito aproximado (variou entre 9,70 e 10,59%). Todavia, a ANOVA indicou diferenças significativas, registando a variedade 'Paiva' o valor mais elevado e 'Roxo' o valor mais baixo, mas semelhante ao obtido por 'Antequera' (Quadro 4). O fator época/fracionamento de aplicação de azoto não mostrou diferenças entre os distintos tratamentos (Quadro 12), os quais registaram valores próximos da média do ensaio (10,12%). Também a interação variedade × época de aplicação/fracionamento da adubação azotada com adubos clássicos, que se pode observar na Figura 16, não foi significativa, tendo a variedade 'Paiva' e a variedade 'Roxo' registado, respetivamente, os valores mais altos e mais baixos em qualquer dos tratamentos de aplicação de azoto.

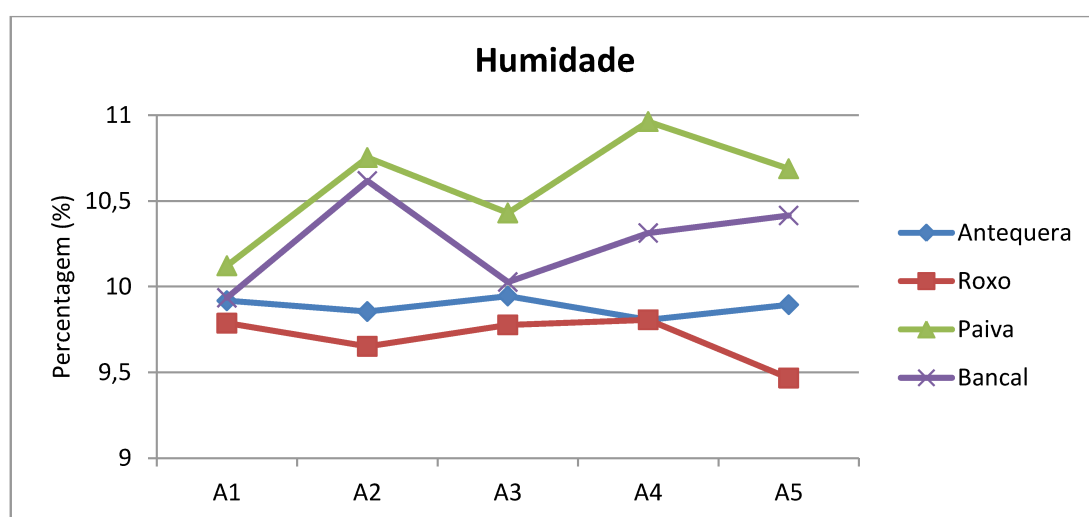


Figura 16 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos no teor humidade do grão.

1.2.2 - Glúten húmido, Índice de Zeleny, Índice de Queda e Rendimento em farinha

Os resultados médios de glúten húmido, com valores aproximados de 32 %, são muito semelhantes para todas as variedades. Já no que respeita à época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos clássicos o tratamento A5 destaca-se ligeiramente dos restantes, apresentando valores mais elevados (34 %) (Quadro 13).

De acordo com os critérios da LVR (Anexo I), a variedade ‘Paiva’ classifica-se como “Melhoradora” em todos os tratamentos de época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos clássicos, exceto no A2 e a variedade ‘Roxo’ é “Melhoradora” nos tratamentos A2, A4 e A5 (Figura 17). No entanto, a variedade ‘Antequera’ é “Melhoradora” no tratamento A2, assim como em A5. Neste tratamento todas as variedades são “Melhoradoras”.

Quadro 13 – Glúten húmido (%), Índice de Zeleny (ml), Índice de Queda (seg) e Rendimento em farinha (%) por variedade e por época/fracionamento da adubação azotada com adubos clássicos e percentagem relativa à média do ensaio.

Tratamento	Glúten Húmido		Índice de Zeleny		Índice de Queda		Rendimento em farinha	
	(%)	% da média	(ml)	% da média	(seg)	% da média	(%)	% da média
<i>Variedade</i>								
Antequera	32	100	29	81	391	97	47,7	94
Roxo	32	100	37	103	420	104	52,0	103
Paiva	33	103	37	103	386	96	54,6	108
Bancal	31	97	40	111	409	102	48,6	96
<i>Adubação</i>								
A1	31	97	35	97	368	92	50,8	100
A2	31	97	35	97	381	95	52,0	103
A3	32	100	36	100	410	102	50,5	100
A4	32	100	36	100	444	110	49,5	98
A5	34	106	37	103	406	101	50,9	100
A0	22	69	25	69	362	90	50,3	99
Média	32	100	36	100	402	100	50,7	100

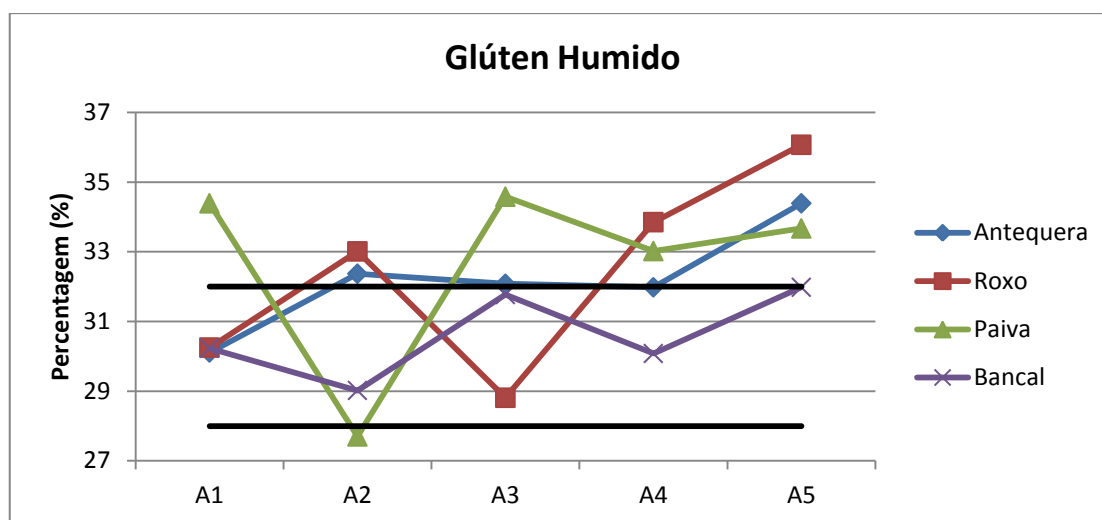


Figura 17- Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos no teor de glúten húmido.

O índice de Zeleny medido na farinha das várias variedades de trigo mole, apresentou resultados com algumas diferenças (Quadro 13). A variedade ‘Bancal’ proporcionou o valor mais elevado (40 ml) e a variedade ‘Antequera’ o valor mais baixo (29 ml). As variedades ‘Roxo’ e ‘Paiva’ registaram ambas um valor intermédio (37 ml).

Os tratamentos época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos clássicos apresentaram valores semelhantes, variando entre 35 e 37 ml.

A variedade ‘Antequera’ foi aquela para a qual os valores obtidos em cada época de aplicação/fracionamento da adubação foram mais próximos (Figura 18), sendo de assinalar o valor mais baixo nos tratamentos A1, A2 e A3 (28 ml). Destaca-se que no tratamento A2 todas as variedades, exceto ‘Paiva’ que obteve o valor mais elevado (42 ml), registaram os valores mais baixos. Estes resultados poderão ser consequência de alguma variabilidade na resposta das variedades às mesmas condições ambientais.

Tendo em conta a escala estabelecida para a avaliar a qualidade do trigo para panificação, em função dos resultados do índice de Zeleny (Quadro 3), a variedade ‘Bancal’ com valor de 40 ml, é classificada como “Melhoradora” e as restantes como “Boa qualidade”, situando-se no intervalo de 28 a 38 ml.

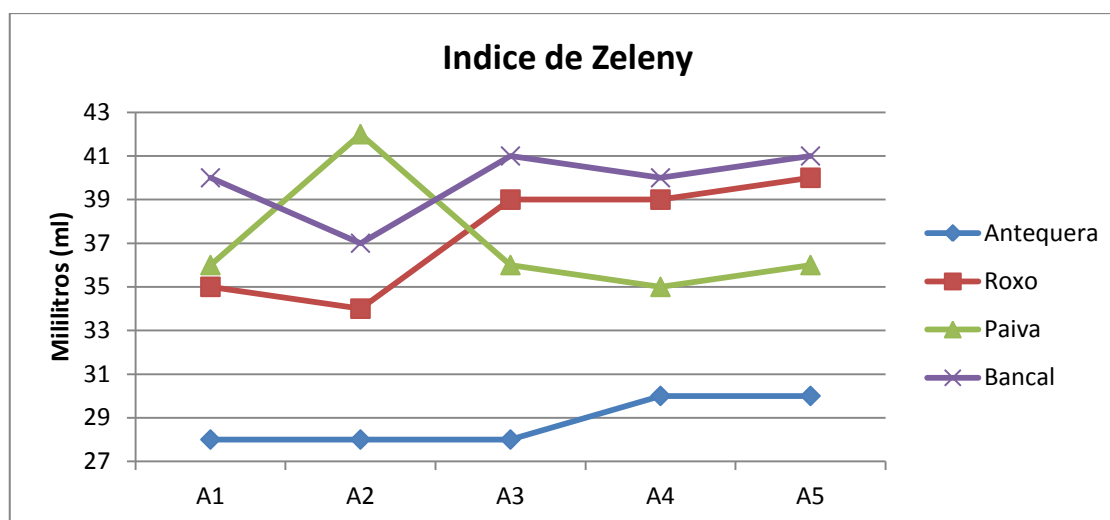


Figura 18- Efeito da interação variedade x época/fracionamento da adubação com adubos clássicos no índice de Zeleny.

Os valores médios do índice de queda mais elevados (Quadro 13) foram obtidos na variedade 'Roxo' (420 seg.) e no tratamento de adubação com adubos clássicos A4 (444 seg.). A variedade 'Antequera' atingiu no tratamento A4 um valor atípico (537 seg.), sendo o mais elevado que se obteve no ensaio. Não existiu concordância nos valores obtidos pelas distintas variedades em relação à época de aplicação/fracionamento da adubação. Assim, enquanto para a variedade 'Roxo' o valor mais elevado foi obtido no tratamento A5, nas variedades 'Paiva' e 'Bancal' o índice de queda mais elevado atingiu-se no tratamento A3. Saliente-se que grande parte dos valores obtidos são muito próximos, não existindo diferenças dignas de destaque. (Figura 19).

Interpretando os resultados do Índice de Queda obtidos e confrontando-os com as referências do Quadro 1, pode verificar-se que os valores obtidos são sempre superiores a 300 segundos, o que revela uma baixa atividade amilásica, dando origem a massas secas de volume reduzido. Tal situação pode ser corrigida pela introdução de aditivos aquando do processo de panificação, nomeadamente, a enzima alfa-amilase. Desta forma, poder-se-á baixar o índice de queda para valores entre os 200 e 300 segundos, que são considerados os ótimos para a obtenção de pão de elevada qualidade.

Confrontando os resultados obtidos com os critérios de qualidade da LVR (Anexo I), todos os valores se situam acima do mínimo exigido (260 seg.), não existindo por isso limitações nesta característica. Desta forma todas as variedades sujeitas a qualquer uma das épocas de aplicação/fracionamentos da adubação com adubos clássicos poderá ser classificada como "Melhoradora".

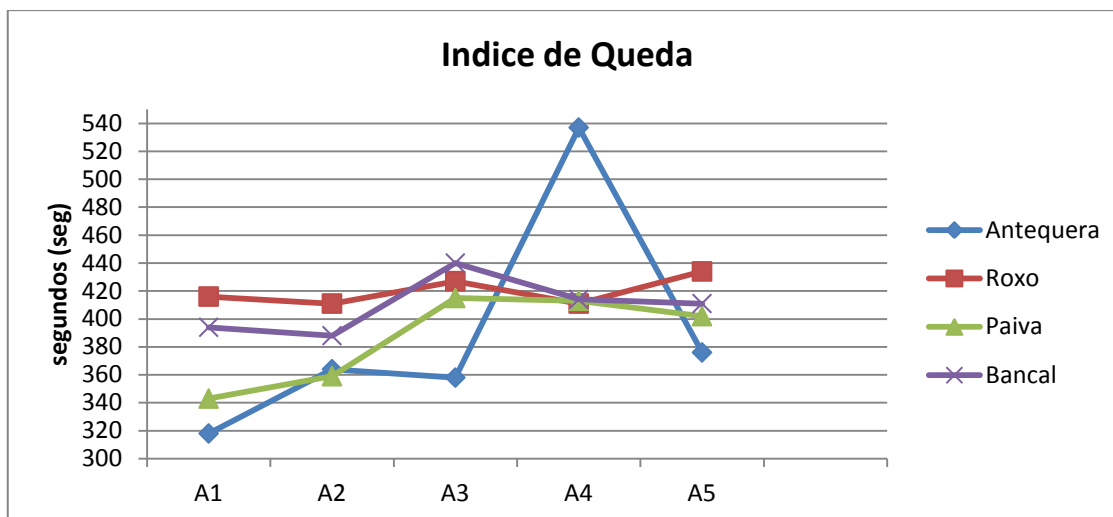


Figura 19 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos no índice de queda.

O rendimento médio em farinha foi maior nas variedades 'Paiva' e 'Roxo' com valores superiores a 50%. (Quadro 13) Esta característica, que se associa com frequência ao teor de humidade, não parece ter sido influenciada pela humidade registada no grão.

O fator época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos clássicos apresentou valores do rendimento em farinha semelhantes para os diversos tratamentos (Quadro 13) e parece ter influenciado, de forma distinta, as variedades em estudo (Figura 20).

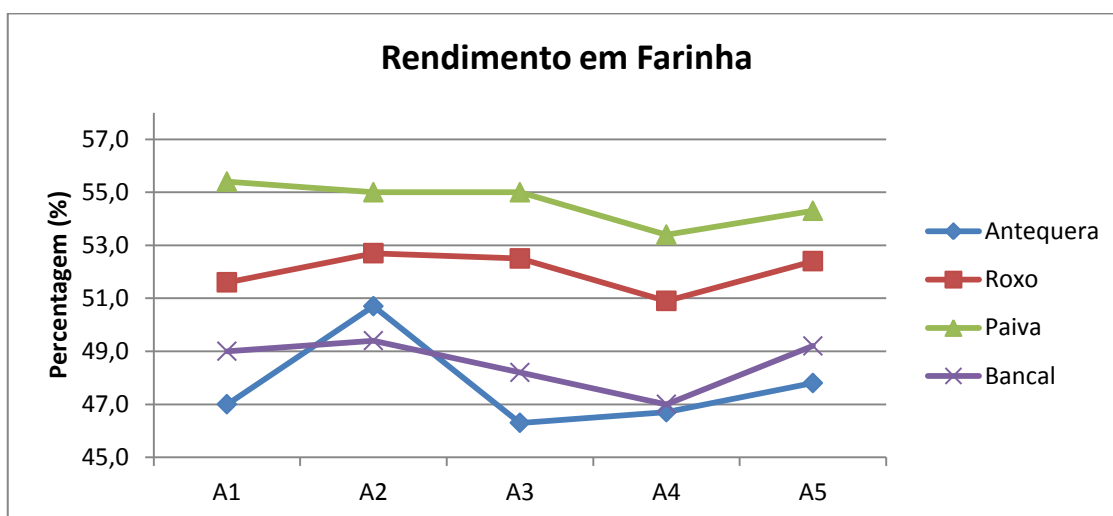


Figura 20 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos no rendimento em farinha.

1.2.3- Características tecnológicas da massa – Alveógrafo de Chopin

A avaliação qualitativa da massa foi realizada com recurso ao Alveógrafo de Chopin e, consequentemente, aos parâmetros nele determinados, nomeadamente, a tenacidade (P), a extensibilidade (L), o equilíbrio da massa (P/L) e a força da massa (W).

A tenacidade corresponde à força necessária para fazer insuflar a massa e à pressão máxima por ela suportada antes de se romper a bolha. Como podemos verificar no Quadro 14 a variedade ‘Bancal’ atingiu, em média, o valor de tenacidade mais elevado. Os tratamentos época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos clássicos com maior tenacidade foram A3 e A4 (Quadro 14).

A interação variedade × época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos clássicos mostra que os valores obtidos para cada tratamento deste fator seguem dois registos diferentes consoante as variedades. Por um lado, o que se observa nas variedades ‘Bancal’ e ‘Paiva’ e, por outro lado, o que se verifica nas variedades ‘Antequera’ e ‘Roxo’. Os maiores valores de tenacidade foram obtidos na variedade ‘Bancal’, para qualquer dos tratamentos época/fracionamento da adubação (Figura 21).

Quadro 14 – Parâmetros relativos ao Alveograma de Chopin (Tenacidade – P, Extensibilidade – L, Equilíbrio da massa P/L e Força da massa – W) por variedade e por época/fracionamento da adubação azotada com adubos clássicos e percentagem relativa à média do ensaio.

Tratamento	Tenacidade		Extensibilidade		Equilíbrio da massa		Força da massa	
	P (mm)	% da média	L (mm)	% da média	P/L	% da média	W (10 ⁻⁴ Joules)	% da média
<i>Variedade</i>								
Antequera	101	102	75	82	1,37	123	246	87
Roxo	81	82	100	109	0,83	75	268	94
Paiva	94	95	102	111	0,93	84	260	92
Bancal	121	122	93	101	1,33	120	363	128
<i>Adubação</i>								
A1	99	100	92	100	1,13	102	281	99
A2	96	97	87	95	1,18	106	256	90
A3	102	103	93	101	1,13	102	289	102
A4	101	102	97	105	1,05	95	305	107
A5	99	100	92	100	1,08	97	290	102
A0	89	90	47	51	2,11	190	140	49
Média	99	100	92	100	1,11	100	284	100

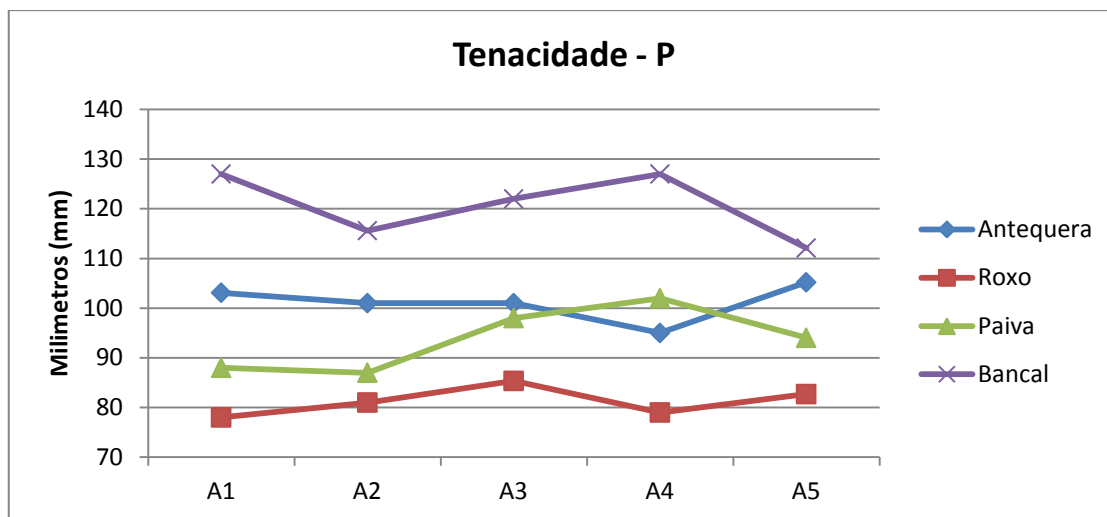


Figura 21- Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos na tenacidade da massa.

A extensibilidade é a capacidade que a massa tem de ser estendida até se romper. As variedades 'Paiva' e 'Roxo' foram as que expressaram os valores médios mais elevados de extensibilidade (Quadro 14). Para o fator época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos clássicos, o tratamento A4 mostrou o valor mais alto de extensibilidade, provavelmente, devido à elevada resposta das variedades 'Paiva' e 'Antequera' a este tratamento (Figura 22).

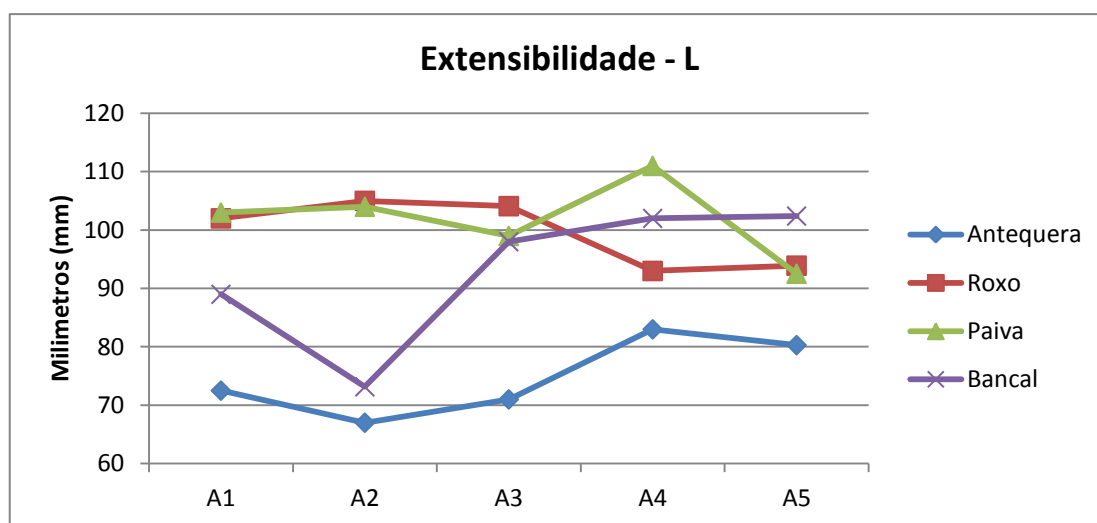


Figura 22- Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos na extensibilidade da massa.

A relação P/L expressa o equilíbrio da massa, determinando o tipo de utilização mais adequada para cada farinha. De acordo com os critérios da LVR, valores entre 0,5 e 1,0 são os aceites para os trigos "Melhoradores" e até 1,2 para trigos "Semi-corretores". Assim, nos resultados obtidos, apenas as variedades 'Roxo' e 'Paiva', respetivamente com 0,83 e 0,93 (Quadro 14), podem ter esta classificação. A análise dos valores obtidos nos tratamentos época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos clássicos, mostra, para qualquer dos tratamentos, valores superiores a 1,0, mas inferiores a 1,2 (Quadro 14). O tratamento A2, nas

variedades ‘Bancal’ e ‘Antequera’ foi o que proporcionou valores de P/L mais elevados (Figura 23).

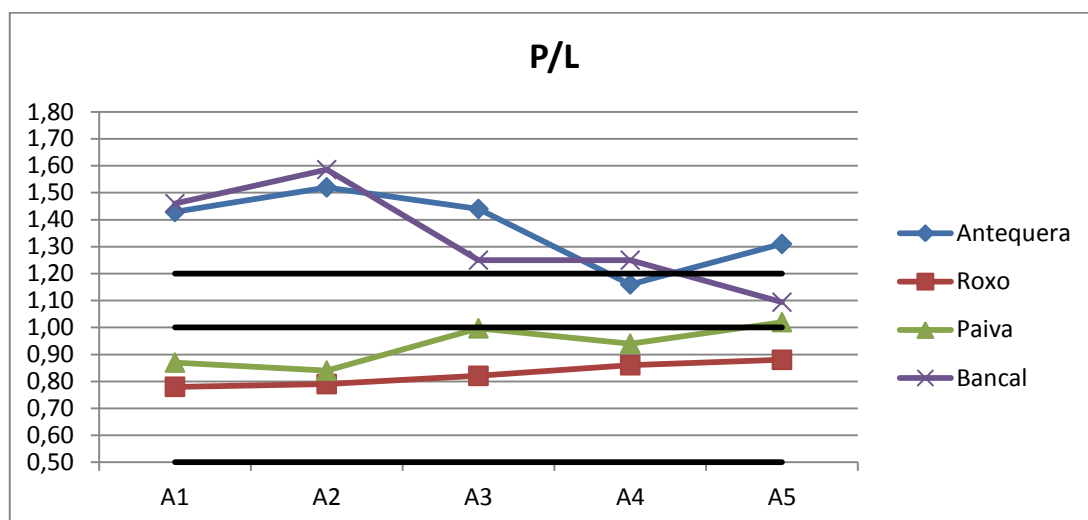


Figura 23 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos no equilíbrio da massa.

Para a característica força da massa (W), a variedade que obteve o valor médio mais elevado foi ‘Bancal’ ($363 \times 10^{-4}J$), sendo o único acima da média do ensaio, e o tratamento época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos clássicos A4 ($305 \times 10^{-4}J$), que corresponde a 50% do azoto aplicado entre o emborrachamento e a ântese foi o que proporcionou massa mais forte (Quadro 14).

De acordo com os critérios da LVR, as variedades ‘Antequera’, ‘Roxo’ e ‘Paiva’, que possuem valores de W superiores a $220 \times 10^{-4}J$, são classificadas como trigos “Semi-corretores” e a variedade ‘Bancal’, que registou valores de W superiores a $300 \times 10^{-4}J$ em todos os tratamentos de época/fracionamento da adubação, exceto no tratamento A2 (Figura 24), como “Melhoradora”.

A força (W) e a relação P/L são fundamentais para a indústria moageira fazer o cálculo das misturas (loteamento) dos trigos, de forma a obter farinhas com características adequadas. Por isso, a análise destas características deverá ser realizada de uma forma conjunta. Procedendo desta forma, verificamos que a variedade ‘Bancal’ é penalizada porque, embora registe, por um lado, o valor de W mais elevado, por outro lado, mostra uma das relações P/L mais desequilibrada.

Quanto aos tratamentos época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos clássicos, ao contrário das variedades, verificamos que o tratamento A4 que regista o maior valor de W é, simultaneamente, o que apresenta a relação P/L mais equilibrada. Importa ainda referir que vasta bibliografia indica que o teor de proteína do grão está diretamente relacionado com a força da massa, de forma que só é possível obter massas com força superior a partir de trigos com teores de proteína elevados, situação que realça a importância da dose e da época de aplicação/fracionamento da adubação azotada.

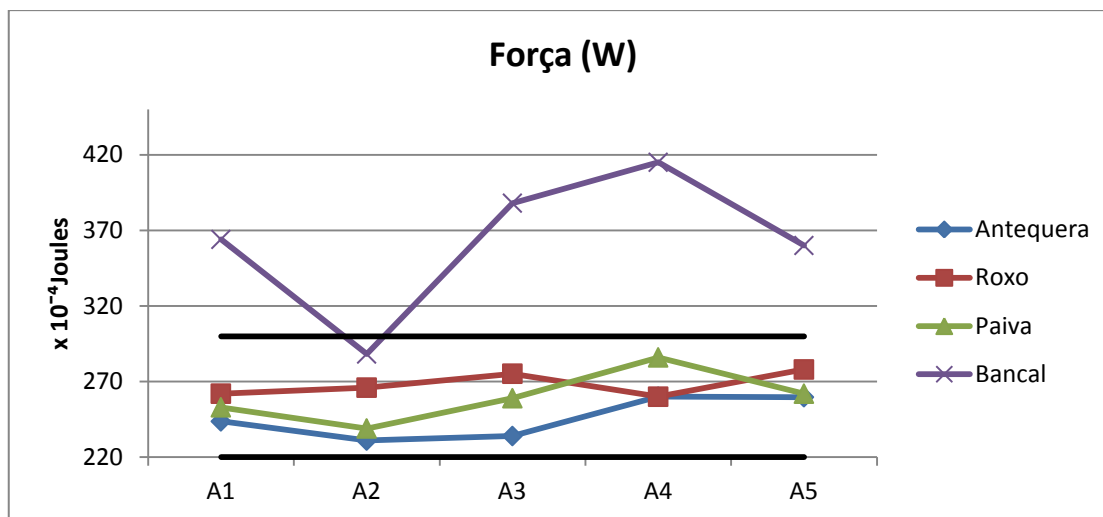


Figura 24 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos clássicos na força da massa.

Tentaram-se as correlações entre as características de qualidade e, como seria de esperar, o teor de proteína do grão apresentou uma estreita e positiva relação com o glúten húmido, índice de Zeleny, tenacidade (P) e força da massa (W) e negativa com a extensibilidade (L) (Quadro 15). Estes resultados confirmam a extrema importância do teor de proteína do grão para a qualidade de panificação. A força da massa (W) apresentou também elevada e positiva correlação com o teor de glúten e índice de Zeleny, resultados que concordam com o referido na bibliografia sobre a particular importância do glúten para a obtenção de farinhas melhoradoras com elevados valores de W.

Quadro 15 – Coeficientes de correlação de Person (n=24) entre várias características de qualidade do grão no ensaio de adubos clássicos.

	Glúten	Zeleny	P	L	P/L	W
Zeleny	0,482*					
P	0,074	0,287				
L	0,726***	0,784***	0,025			
P/L	-0,691***	-0,486*	0,369	-0,846***		
W	0,592**	0,778***	0,622**	0,730***	-0,433*	
Proteína	0,874***	0,696***	0,083	0,825***	-0,738***	0,725***

*, **, *** significativo para 0,05, 0,01 e 0,001 respetivamente.

2- ENSAIO FERTILIZAÇÃO COM ADUBOS – ESPECÍFICOS

2.1 – Produção de grão e componentes da produção

Analisando a ANOVA da produção de grão, do peso de 1000 grãos e do número de grãos m^{-2} verificamos diferenças estatisticamente significativas destas três variáveis para o fator variedade e apenas do peso de 1000 grãos para o fator época de aplicação/fracionamento da adubação azotada com adubos específicos. A inexistência do efeito da interação, significa que a época de aplicação/fracionamento da adubação não dependeu da variedade (Quadro 16), tal como se verificou para os adubos clássicos.

A variedade “Bancal” foi a que proporcionou a produção de grão mais alta (7349 kg ha^{-1}), à semelhança do que aconteceu para os adubos clássicos. A produção de grão mais baixa, menos 1429 kg ha^{-1} que a produção mais alta, foi obtida pela variedade ‘Antequera’ com 5920 kg ha^{-1} . As restantes variedades mostram-se estatisticamente diferentes das anteriores (Quadro 17).

Quanto à época de aplicação/fracionamento da fertilização azotada com adubos específicos, os tratamentos A3 e A2 registaram os maiores valores de produção de grão, respetivamente, 6408 e 6588 kg ha^{-1} , mas estatisticamente semelhantes aos restantes. O tratamento A1, no qual se aplicou todo o azoto à sementeira, conduziu à produção de grão mais baixa (6059 kg ha^{-1}), mas também estatisticamente semelhante aos demais (Quadro 17). No tratamento A6 (6308 kg ha^{-1}) também se aplicou todo o azoto à sementeira, mas neste caso utilizou-se um adubo específico diferente do usado nos restantes tratamentos. Este adubo dispõe de uma macromolécula reguladora da lixiviação e da volatilização, enquanto que o adubo específico usado nos outros tratamentos possui um inibidor da nitrificação. Na comparação direta entre os tratamentos A1 e A6, ambos de aplicação única, este produziu mais 249 kg ha^{-1} , valor este inferior à diferença mínima significativa (DMS)

Embora as diferenças de produtividade entre os diversos tratamentos não tenham sido muito evidentes, verificou-se que foi nos tratamentos A1 e A6, com todo o azoto aplicado à sementeira, onde se obtiveram as menores produtividades.

Analisando a interação variedade x época de aplicação/fracionamento do azoto verificamos que para todas as variedades, exceto para a variedade ‘Antequera’, que as melhores produtividades foram obtidas no tratamento A3, curiosamente onde houve um maior fracionamento do azoto e com aplicação à ântese (Figura 25). Este resultado poderá ser reflexo de uma maior eficiência de utilização do Azoto neste tratamento.

Os resultados obtidos por Costa *et al.* (2016) numa réplica deste ensaio no ano agrícola 2014/15 na região de Elvas, mostram que a variedade ‘Paiva’ foi a mais produtiva, embora não tenham existido diferenças significativas entre as diferentes variedades em estudo. A produção de grão mais elevada foi obtida pela variedade ‘Paiva’ no tratamento A2 e, para as restantes variedades o tratamento A4, no qual foram efetuadas duas aplicações de adubo (sementeira e emborrachamento, revelou-se o mais produtivo.

Quadro 16 – ANOVA da produção de grão, peso de 1000 grãos e número de grãos m⁻².

Origem da variação	GL ^a	Produção de grão (kg/ha)		Peso de 1000 grãos (g)		Número de grãos m ⁻²	
		QM ^b	F	QM ^b	F	QM ^b	F
Repetição	3	700999		6,363		4508217	
Variedade (V)	3	10930000	29,77**	340,905	31,96***	40610000	24,99***
Adubação (A)	5	476809	2,14	22,525	7,31**	2661307	2,11
V × A	15	219725	0,99	2,585	0,84	735804	0,59
Coef. de Variação (%)		7,42		3,84		8,04	

^aGraus de Liberdade; ^bQuadrados Médios.

*, **, *** significativo para 0,05, 0,01 e 0,001 respetivamente.

Quadro 17 – Produção de grão corrigida para 12% de humidade (kg ha⁻¹), peso de mil grãos (g) e número de grãos m⁻² por variedade e por adubação com adubos específicos, teste de comparação de médias (LSD) e percentagem relativa à média do ensaio.

Tratamento	Produção 12 % (kg ha ⁻¹)			Peso 1000 grãos (g)			Número de grãos m ⁻²		
	Prod.	LSD p≤0,05	% da média	Peso mil grãos	LSD p≤0,05	% da média	Nº grãos	LSD p≤0,05	% da média
<i>Variedade</i>									
Antequera	5920	b	93	48,98	a	107	12099	c	87
Roxo	6209	b	98	42,51	b	93	14635	ab	105
Paiva	5944	b	94	42,41	b	93	14028	b	101
Bancal	7349	a	116	48,98	a	107	15034	a	108
<i>Adubação</i>									
A1	6059	a	95	44,99	b	98	13520	a	97
A2	6408	a	101	47,99	a	105	13413	a	96
A3	6588	a	104	45,65	b	100	14475	a	104
A4	6386	a	100	45,59	b	100	13996	a	100
A5	6384	a	100	45,52	b	100	14099	a	101
A6	6308	a	99	44,59	b	98	14191	a	102
Média	6355		100	45,72		100	13949		100

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças, para $p \leq 0,05$, entre os níveis de cada fator de estudo, de acordo com o teste de LSD.

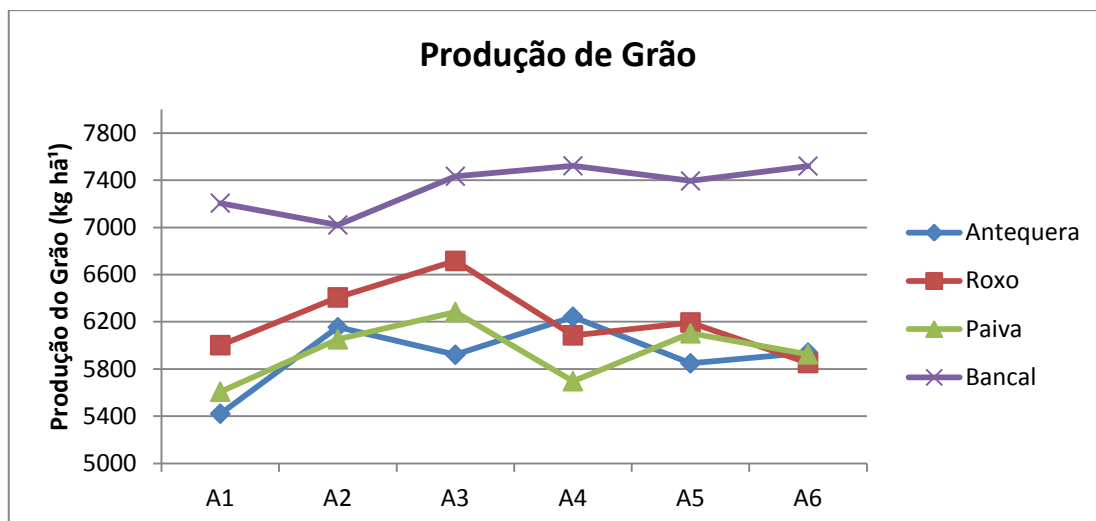


Figura 25 – Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos na produção de grão (kg ha⁻¹).

As variedades ‘Antequera’ e ‘Bancal’ apresentaram o maior peso de mil grãos (48,98g), estatisticamente diferente das restantes. A aplicação de 50% do N à sementeira e 50% ao emborrachamento (tratamento A2) proporcionou grãos mais pesados (Quadro 17). Os tratamentos A3, A4 e A5, apesar de terem registado pesos de mil grãos mais elevados que os obtidos nos tratamentos A1 e A6, ambos com 100% do azoto aplicado à sementeira, essas diferenças não foram estatisticamente significativas (Quadro 17). O aumento do peso do grão com aplicações de azoto em estados fenológicos mais avançados, principalmente no emborrachamento, tal como se verificou no ensaio de adubos clássicos, indicia uma influência do azoto na produção e translocação de fotoassimilados para o grão.

Nos resultados obtidos por Costa *et al.* (2016) nos ensaios de Elvas em 2014/15, a variedade ‘Roxo’, à semelhança do que se verificou no ensaio de adubos clássicos, foi a que mostrou menor peso de 1000 grãos (27,78g), com diferença para as restantes variedades que foram semelhantes entre si. O tratamento A4, com 75% do N aplicado à sementeira e 25% ao emborrachamento, foi o que conduziu a pesos de 1000 grãos mais elevados para todas as variedades, exceto para ‘Paiva’.

Na Figura 26 representa-se graficamente a interação variedade x época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos específicos, na qual se pode observar que o tratamento A2 proporcionou um maior peso de mil grãos em qualquer das variedades, o que está de acordo com a vantagem deste tratamento em relação aos restantes quanto ao peso de 1000 grãos.

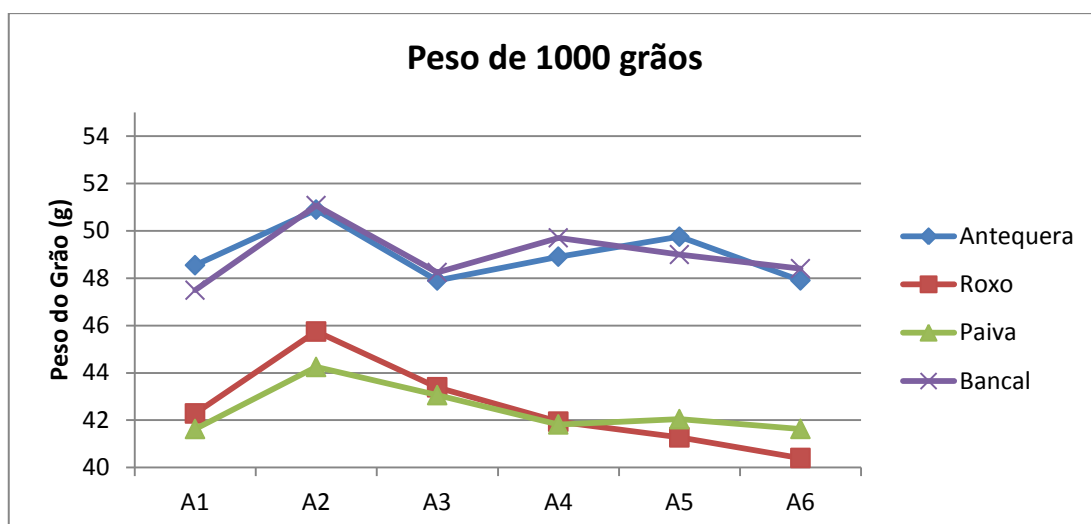


Figura 26– Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos no peso de 1000 grãos.

Quanto à outra componente da produção, número de grãos m^{-2} , o seu comportamento ajusta-se ao que se verificou-se para a produção de grão. Os valores mais elevados foram obtidos pelas variedades com maior produção de grão, ‘Bancal’ e ‘Roxo’, respetivamente com 15034 e 14635 grãos m^{-2} . No que respeita à época de aplicação/fracionamento da fertilização azotada com adubos específicos, embora no tratamento A3 se tenha registado o maior número de grãos m^{-2} (14475), este valor foi estatisticamente semelhante aos restantes, nomeadamente ao tratamento A2 com 13413 grãos m^{-2} (Quadro 17).

A interação variedade x época de aplicação/fracionamento da fertilização azotada com adubos específicos, está representado na Figura 27, no qual se pode verificar que o tratamento A3 e A5 foram os que obtiveram resultados mais elevados nas diferentes variedades, exceto para ‘Antequera’ em A5.

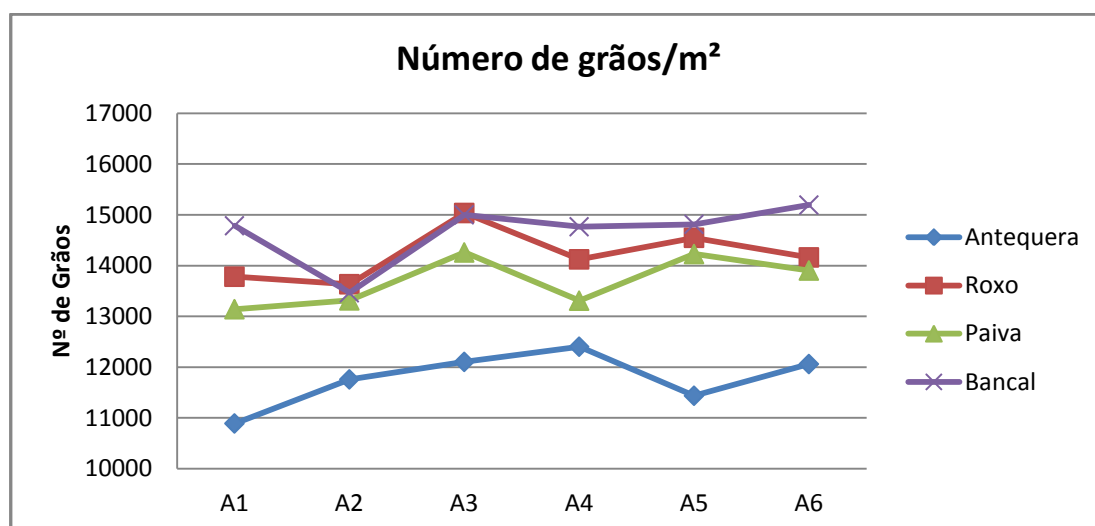


Figura 27 – Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos no número de grão m^{-2} .

As correlações de Pearson entre a produção e suas componentes voltam a mostrar, neste ensaio de adubos específicos, que o número de grãos por espiga é a componente que melhor se relaciona com o número de grãos m^{-2} (0,459***) e esta com a produção de grão (0,741***). As estreitas e negativas correlações entre grãos por espiga e peso do grão (0,410***) e entre espigas m^{-2} e grãos por espiga (-0,770***) mostram as relações compensatórias entre estas componentes que se formam em diferentes etapas de desenvolvimento do trigo.

Quadro 18 – Coeficientes de correlação de Person (n=96) entre a produção e componentes da produção no ensaio de adubos específicos.

	Produção de grão	Peso 1000 grãos	Número de grãos / m^2	Número de Espigas/ m^2
Peso de 1000 grãos	0,368***			
Número de grãos/ m^2	0,741***	-0,348***		
Número de Espigas/ m^2	0,326**	0,193	0,188	
Número de grãos/espiga	0,159	-0,410***	0,459***	-0,770***

*, **, *** significativo para 0,05, 0,01 e 0,001 respetivamente.

2.2- Características físicas e químicas do grão ou da farinha

2.2.1 – Massa do hectolitro, teor de proteína e humidade do grão

A ANOVA da massa do hectolitro, do teor de proteína e da humidade do grão indicou diferenças estatisticamente significativas do fator variedade na primeira e terceira variáveis e muito significativas na segunda (teor de proteína do grão). O efeito do fator adubação com adubos específicos não foi significativo, tal como o efeito da interação variedade x adubação com adubos específicos (Quadro 19). Assim, ao contrário do que se verificou no ensaio de adubos clássicos, no ensaio de adubos específicos apenas se verificou efeito do fator variedade nestas três variáveis.

Quadro 19 – ANOVA da massa do hectolitro, do teor de proteína e da humidade do grão.

Origem da variação	GL ^a	Massa hectolitro (kg hl ⁻¹)		Proteína (% MS)		Humidade (%)	
		QM ^b	F	QM ^b	F	QM ^b	F
Repetição	3	1,8167		4,2114		0,08327	
Variedade (V)	3	37,2644	18,50***	21,8072	7,62**	3,09620	83,07***
Adubação (A)	5	0,8560	0,59	2,7337	1,29	0,03201	0,10
V × A	15	1,5564	1,08	1,6986	0,80	0,11679	0,35
Coef. de Variação (%)		1,50		10,31		5,82	

^aGraus de Liberdade; ^bQuadrados Médios.

*, **, *** significativo para 0,05, 0,01 e 0,001 respetivamente.

Quadro 20 – Massa do hectolitro (kg hl^{-1}), teor de proteína (% MS) e humidade do grão (%) por variedade e por adubação com adubos específicos, teste de comparação de médias (LSD) e percentagem relativa à média do ensaio.

Tratamento	Massa hectolitro (kg hl^{-1})			Proteína (% MS)			Humidade (%)		
	Massa hectol.	LSD $p \leq 0,05$	% da média	Prot.	LSD $p \leq 0,05$	% da média	Humid	LSD $p \leq 0,05$	% da média
<i>Variedade</i>									
Antequera	80,76	a	101	14,44	ab	102	9,81	b	92
Roxo	79,89	a	100	15,30	a	108	9,53	c	96
Paiva	78,08	b	98	13,58	bc	96	10,20	a	102
Bancal	80,68	a	101	13,16	c	93	10,31	a	103
<i>Adubação</i>									
A1	79,56	a	100	13,90	a	98	9,91	a	99
A2	80,20	a	100	14,93	a	106	9,92	a	100
A3	79,94	a	100	14,09	a	100	9,96	a	100
A4	79,63	a	100	13,76	a	97	10,00	a	100
A5	79,91	a	100	13,97	a	99	10,02	a	101
A6	79,86	a	100	14,05	a	100	9,95	a	100
Média	79,85		100	14,12		100	9,96		100

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças, para $p \leq 0,05$, entre os níveis de cada fator de estudo, de acordo com o teste de LSD.

Segundo Guarienti (1996), o trigo pode ser classificado de acordo com o peso do hectolitro, como “muito pesado” ($80\text{-}83 \text{ kg hl}^{-1}$) e “pesado” ($76\text{-}79 \text{ kg hl}^{-1}$). De acordo com os resultados obtidos (Quadro 20), observa-se que as variedades ‘Antequera’ e ‘Bancal’ estão dentro da classificação “muito pesado”, e que as variedades ‘Roxo’ e ‘Paiva’ se encontram na classe “pesado” proposto por este autor.

Tal como se referiu na análise de resultados da adubação clássica, a massa do hectolitro, além da influência do regime hídrico das condições climáticas na altura do enchimento do grão, parece ser também determinado geneticamente. Assim, as variedades ‘Antequera’, ‘Roxo’ e ‘Bancal’ registaram os valores mais elevados, independentemente do tratamento da época de aplicação/fracionamento da fertilização azotada com adubos específicos, e a variedade ‘Paiva’ apresentou sempre valores mais baixos (Figura 28).

De acordo com os critérios de qualidade da Lista de Variedades Recomendadas (LVR) de trigos de qualidade no Anexo I, podemos verificar que as três primeiras variedades mostraram-se melhoradoras, enquanto que a variedade ‘Paiva’, que apresenta uma massa do hectolitro de $78,08 \text{ kg hl}^{-1}$, é considerada trigo semi-corretor.

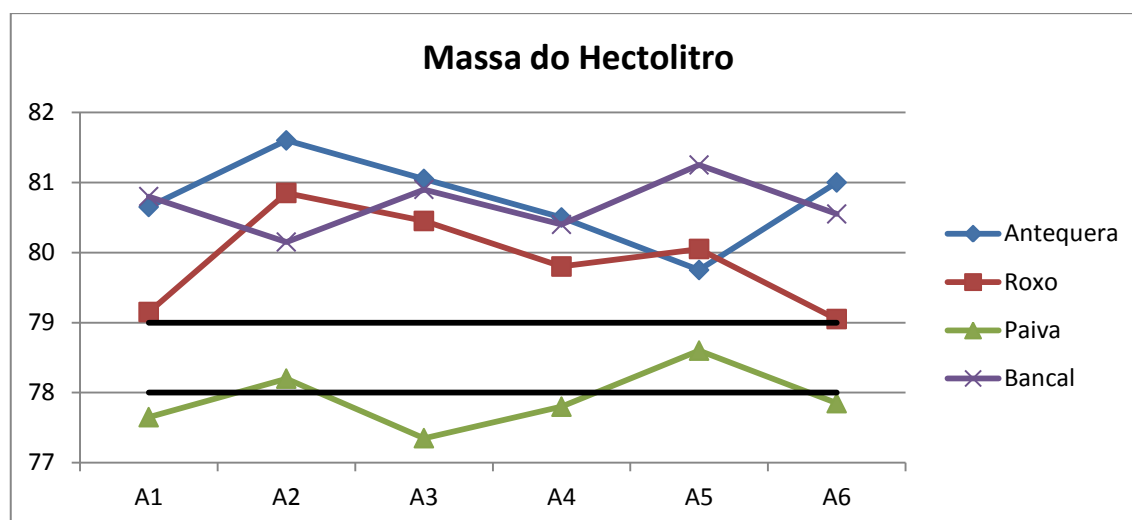


Figura 28 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos na massa do hectolitro.

No que respeita ao teor de proteína do grão, a variedade ‘Roxo’, com 15,30%, apresenta o valor mais elevado, embora estatisticamente semelhante a ‘Antequera’ (14,44%) (Quadro 20). Importa todavia salientar que todas as variedades apresentam altos valores de proteína no grão, sempre superiores a 13,1%, como tal, para esta variável, as quatro variedades estão dentro das classes de qualidade “Melhorador” (‘Antequera’ e ‘Roxo’) ou “Semi-corretor” (‘Antequera’ e ‘Paiva’) da LVR (Anexo I).

No que se refere ao fator época de aplicação/fracionamento do azoto, o teor de proteína mais elevado e o mais baixo foram estatisticamente semelhantes e obtidos, respetivamente, no tratamento A2 (14,93%) e no tratamento A4 (13,76%).

O tratamento A2 (50% do N aplicado no emborrachamento) foi, para todas as variedades, o que proporcionou maior teor de proteína (Figura 29). Salienta-se o facto dos valores de proteína obtidos serem elevados, contribuindo assim para a qualidade do grão.

Nos resultados obtidos por Bagulho, *et al.* (2016) nos ensaios de Elvas em 2014/15, as variedades com maior teor de proteína no grão foram ‘Antequera’ e ‘Roxo’, ambas com 16 %, enquanto nos tratamentos época/fracionamento de aplicação de azoto se obtiveram valores entre 15,5% (A1) e 15,8% (A5), sem diferenças significativas entre eles.

A Figura 29 mostra-nos a interação variedade x época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos específicos com as linhas correspondentes aos limites mínimos do teor de proteína para trigo “Melhorador”(14,0%) e “Semi-corretores” (12,5%). Embora a interação não seja significativa, podemos observar que as tendências dos resultados obtidos não são iguais.

Analisando o Figura 29, tendo em consideração os critérios de qualidade referentes a indústria. As variedades ‘Antequera’ e ‘Roxo’ mostraram-se melhoradores em todos os tratamentos, pelo facto de apresentarem valores de proteína superiores a 14%.

A variedade ‘Bancal’ também se revelou “Melhorador” no tratamento A2 e “Semi-corretor” em A3, A5 e A6, mas ficou aquém desta classificação em A1 e, especialmente, em A4.

A variedade 'Paiva' respondeu positivamente no tratamento A2 e A4, sendo que nestes tratamentos atingiu a classe de "Melhorador".

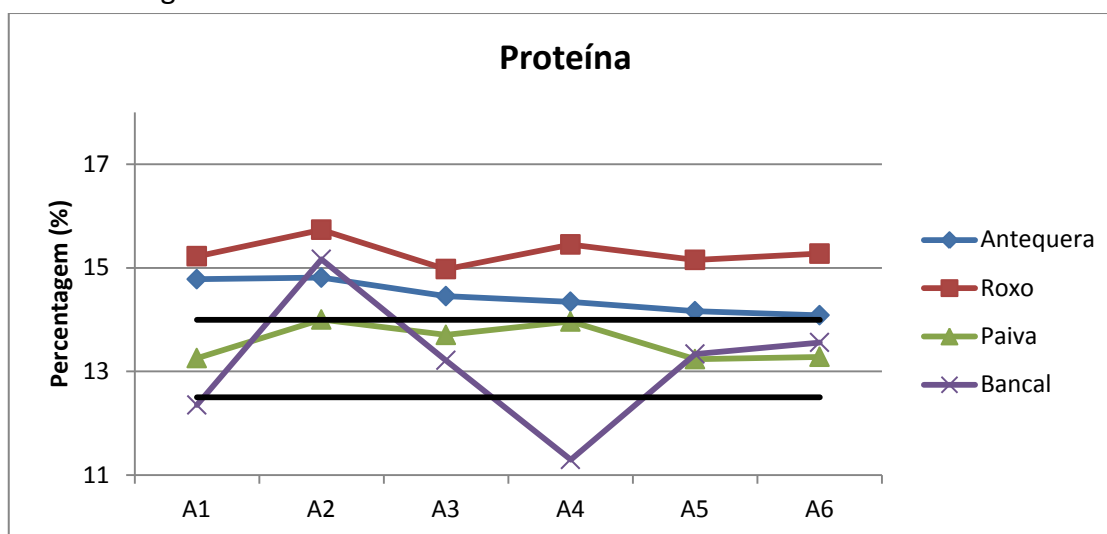


Figura 29 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos no teor de proteína do grão.

O teor de humidade do grão das variedades foi baixo e bastante aproximado (variou entre 9,18 e 10,30%). Todavia, a ANOVA indicou diferenças significativas, registando a variedade 'Bancal' o valor mais elevado, mas semelhante a 'Paiva', e 'Antequera' o valor mais baixo (Quadro 20). O fator época/fracionamento de aplicação de azoto não mostrou diferenças entre os distintos tratamentos (Quadro 20), os quais registaram valores próximos da média do ensaio (9,96%). Também a interação variedade x época/fracionamento da adubação azotada com adubos específicos, que se pode observar na Figura 30, não foi significativa, tendo a variedade 'Bancal' e a variedade 'Roxo' registado, respetivamente, os valores mais alto e mais baixo em qualquer dos tratamentos de época de aplicação/fracionamento de azoto, exceto 'Bancal' em A3 (Figura 30).

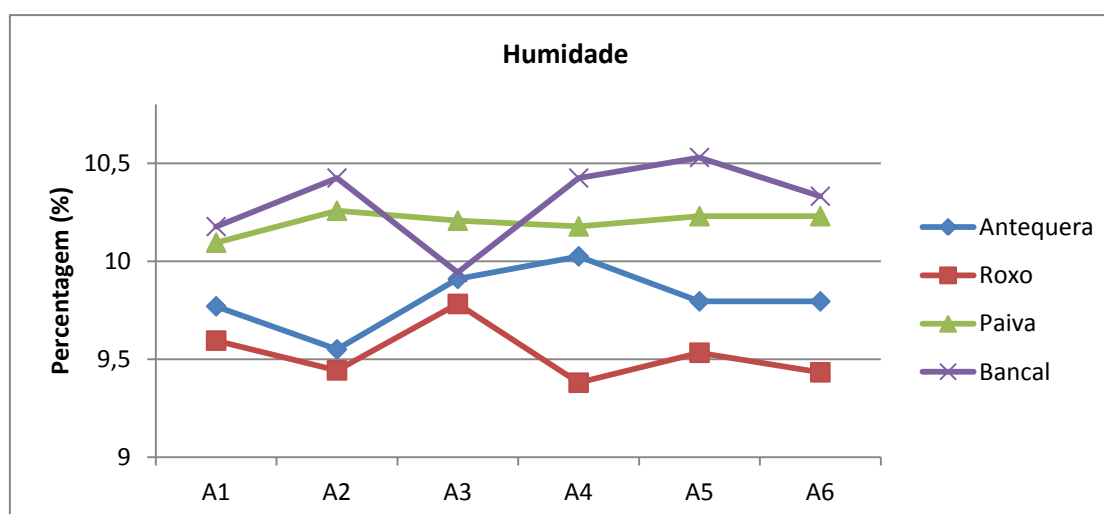


Figura 30 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos no teor humidade do grão.

2.2.2- Glúten humidade, Índice de Zeleny, Índice de Queda e Rendimento em farinha.

Os resultados de glúten húmido, com valores médios de 30%, mostraram as variedades ‘Roxo’ e ‘Antequera’ com resultados acima e as variedades ‘Bancal’ e ‘Paiva’ abaixo da média.

No que respeita à época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos específicos, os tratamentos A2 e A4 destacaram-se ligeiramente dos restantes, apresentando os valores mais elevados (32%) (Quadro 21). Estes tratamentos têm em comum, como atrás se referiu, uma adubação de cobertura no emborrachamento que pode ter influenciado de alguma forma os resultados obtidos.

De acordo com os critérios da LVR (Anexo I), a variedade ‘Roxo’ classifica-se como “Melhoradora” em todos os tratamentos de época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos específicos, exceto no A5 e a variedade ‘Antequera’ é “Melhoradora” em todos os tratamentos exceto no A5 e A6 (Figura 31). As variedades que apresentam valores de glúten abaixo de 32% e acima de 28% situam-se no intervalo de qualidade dos trigos considerados “Semi-corretores”. A variedade ‘Paiva’ classifica-se como “Semi-corretora” nos tratamentos A3, A4 e A6 e a variedade ‘Bancal’, embora pela média não se possa considerar “Semi-Corretora” devido a apresentar uma média de glúten húmido de 27% (Quadro 21), nos tratamentos A2 e A4 atingiu valores de “Semi-Corretora” (Figura 31).

Quadro 21 – Glúten húmido (%), Índice de Zeleny (ml), Índice de Queda (seg) e Rendimento em farinha (%) por variedade e por época/fracionamento da adubação azotada com adubos específicos e percentagem relativa à média do ensaio.

Tratamento	Glúten Húmido		Índice de Zeleny		Índice de Queda		Rendimento em farinha	
	(%)	% da média	(ml)	% da média	(seg)	% da média	(%)	% da média
<i>Variedade</i>								
Antequera	32	107	30	91	345	91	48.1	96
Roxo	34	113	37	112	395	104	52.0	104
Paiva	28	93	31	94	388	102	52.2	104
Bancal	27	90	35	106	396	104	48.0	96
<i>Adubação</i>								
A1	29	97	32	97	379	100	49.6	99
A2	32	107	35	106	392	103	50.2	100
A3	31	103	33	100	382	100	51.1	102
A4	32	107	34	103	388	102	50.3	100
A5	29	97	33	100	386	101	49.6	99
A6	30	100	33	100	360	95	49.8	100
Média	30	100	33	100	381	100	50.1	100

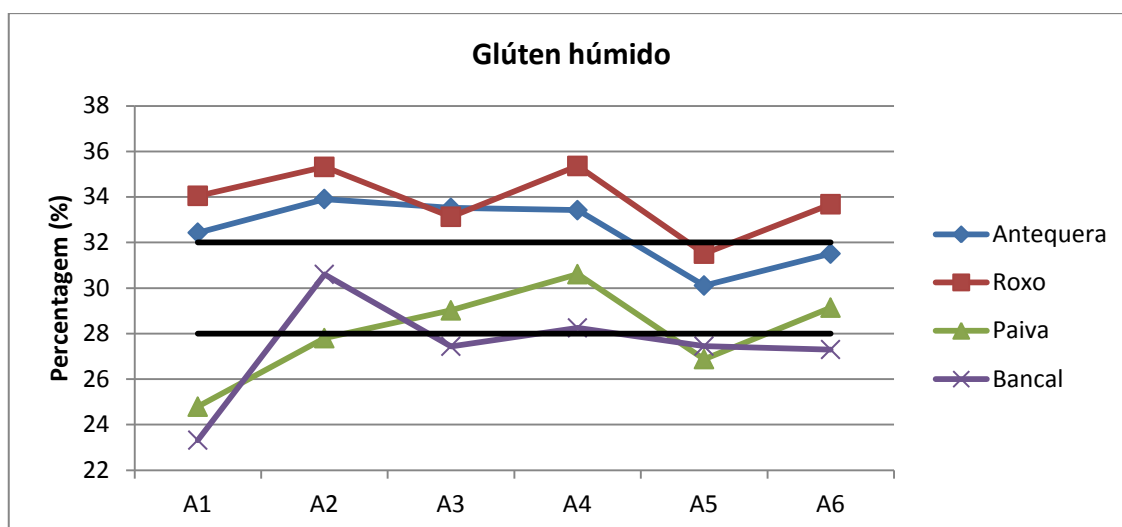


Figura 31 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos no teor de glúten húmido.

O índice de Zeleny medido na farinha das várias variedades de trigo mole, apresentou resultados com algumas diferenças (Quadro 21). As variedades ‘Roxo’ com (37 ml) e ‘Bancal’ com (35 ml) foram as que proporcionaram os valores mais elevados e acima da média (33 ml).

Os tratamentos época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos específicos apresentaram valores semelhantes, variando entre 32 (A1) e 35 ml (A2).

A variedade ‘Roxo’ foi aquela para a qual os valores obtidos em cada época de aplicação/fracionamento da adubação foram mais altos e próximos (Figura 32), sendo de assinalar o valor mais baixo no tratamento A4 (35ml), precisamente o tratamento onde a variedade ‘Bancal’ registou o valor mais elevado (38ml). Estes resultados parecem indicar alguma variabilidade na resposta das variedades às mesmas condições ambientais.

De acordo com a escala estabelecida para avaliar a qualidade do trigo para a panificação, em função dos resultados do Índice de Zeleny (Quadro 3), todas as variedades classificam-se como “Boa qualidade”, situando-se no intervalo de 28 a 38 ml.

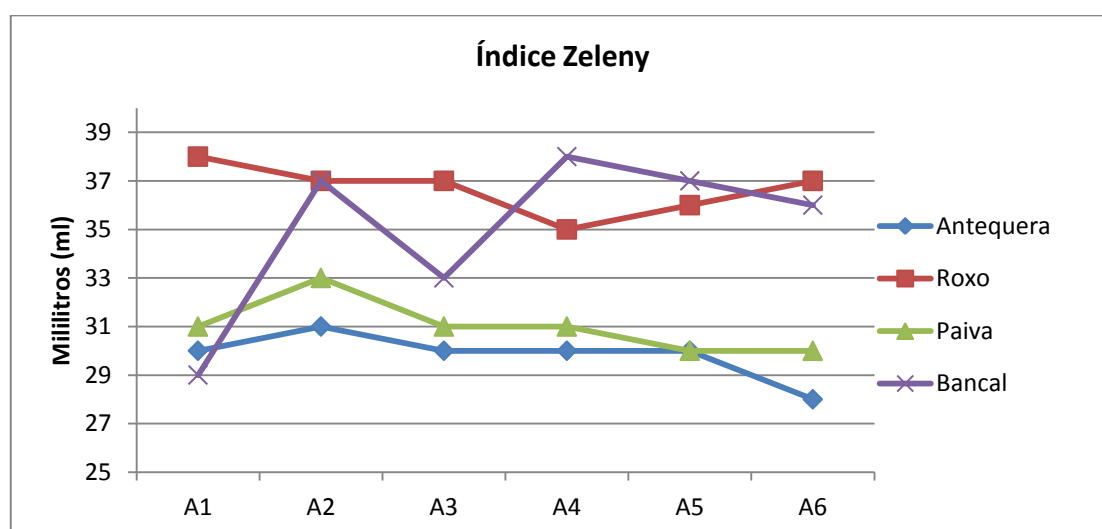


Figura 32 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos no índice de Zeleny.

Os valores médios do índice de queda mais elevado (Quadro 21) foram obtidos nas variedades ‘Bancal’ e ‘Roxo’ (396 e 395 seg.) e na época de aplicação/fracionamento de adubos com adubos específicos A2 (392 seg.). A variedade ‘Antequera’ atingiu no tratamento A4 um valor atípico (313 seg.), sendo o mais baixo que se obteve no ensaio de adubos específicos. Não existiu concordância nos valores obtidos pelas distintas variedades em relação à época/fracionamento da adubação. Assim, enquanto que a variedade ‘Roxo’ o valor mais elevado foi obtido no tratamento A5, na variedade ‘Paiva’ foi no tratamento A3, na variedade ‘Bancal’ no tratamento A4 e na variedade ‘Antequera’ o índice de queda mais elevado atingiu-se no tratamento A2. Salienta-se que grande parte dos valores obtidos são muito próximos, não existindo diferenças dignas de destaque (Figura 33).

Tal como se verificou no ensaio de adubos clássicos, os valores do Índice de Queda obtidos foram sempre superiores a 300 segundos, por isso passíveis de ser corrigidos com recurso a aditivos na farinha. Da mesma forma que no ensaio de adubos clássicos e de acordo com os critérios da LVR no Anexo I, como todos os valores se situam acima do mínimo exigido (260 seg.), independentemente da das épocas de aplicação/fracionamento da adubação com adubos específicos, qualquer variedade poderá ser classificada como “Melhoradora”.

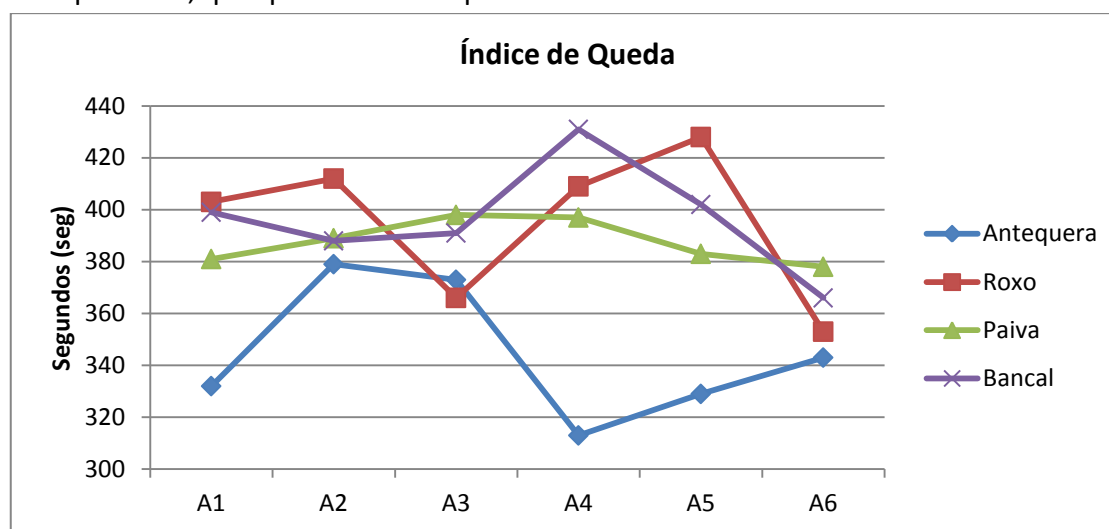


Figura 33 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos no índice de queda.

Tal como para o ensaio com adubos convencionais as variedades ‘Paiva’ e ‘Roxo’ apresentaram um maior rendimento em farinha, também acima dos 50% (Quadro 21). Esta característica, que se associa com frequência ao teor de humidade, neste caso, não parece ter sido influenciada por esta característica.

O fator época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos específicos apresentou valores de rendimento em farinha semelhantes para os diversos tratamentos (Quadro 21). A3, com exceção da variedade ‘Antequera’, proporcionou para as restantes variedades o valor mais elevado (Figura 34) e parece ter influenciado de forma distinta as variedades em estudo. Com exceção do tratamento A3 para as variedades ‘Paiva’, ‘Roxo’ e ‘Bancal’ fora onde se obteve o resultados mais elevado para o índice de queda (Figura 34).

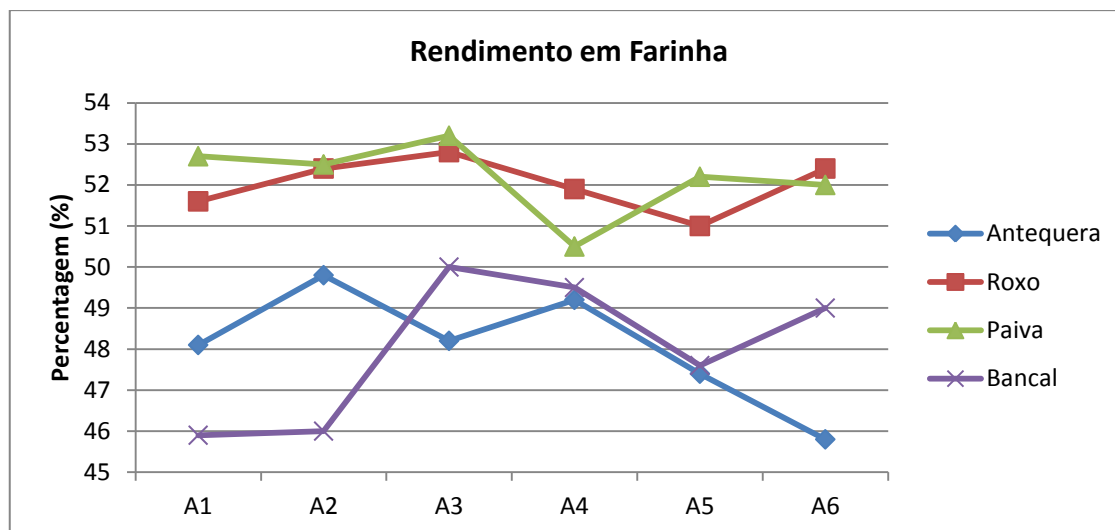


Figura 34 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos no rendimento em farinha.

2.3- Características tecnológicas da massa – Alveógrafo de Chopin

A tenacidade corresponde à força necessária para fazer necessária para fazer insuflar a massa e à pressão máxima por ela suportada antes de se romper a bolha. Como podemos verificar no Quadro 22, a variedade ‘Bancal’ atingiu o valor de tenacidade mais elevado. Os tratamentos época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos específicos conduziram a resultados semelhantes, entre 102 e 105 mm (Quadro 22).

A interação variedade x época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos específicos mostra que, tal como com os adubos clássicos, independentemente do tratamento, os valores foram sempre mais elevados na variedade ‘Bancal’. A variedade ‘Antequera’ seguiu um registo semelhante e diferente das restantes (Figura 35).

Quadro 22 – Parâmetros relativos ao Alveograma de Chopin (Tenacidade – P, Extensibilidade – L, Equilíbrio da massa P/L e Força da massa – W) por variedade e por época/fracionamento da adubação azotada com adubos clássicos e percentagem relativa à média do ensaio.

Tratamento	Tenacidade		Extensibilidade		Equilíbrio da massa		Força da massa	
	P (mm)	% da média	L (mm)	% da média	P/L	% da média	W (10 ⁻⁴ Joules)	% da média
<i>Variedade</i>								
Antequera	109	105	93	97	1.18	106	310	102
Roxo	88	85	108	114	0.82	73	306	101
Paiva	90	87	92	96	0.99	89	224	74
Bancal	128	123	92	96	1.43	129	372	123
<i>Adubação</i>								
A1	102	98	95	99	1.15	104	285	94
A2	105	101	96	100	1.10	99	304	100
A3	103	99	97	101	1.08	97	312	103
A4	105	101	102	106	1.05	95	327	108
A5	105	101	94	98	1.15	104	302	100
A6	103	99	95	99	1.11	100	288	95
Média	104	100	96	100	1.11	100	303	100

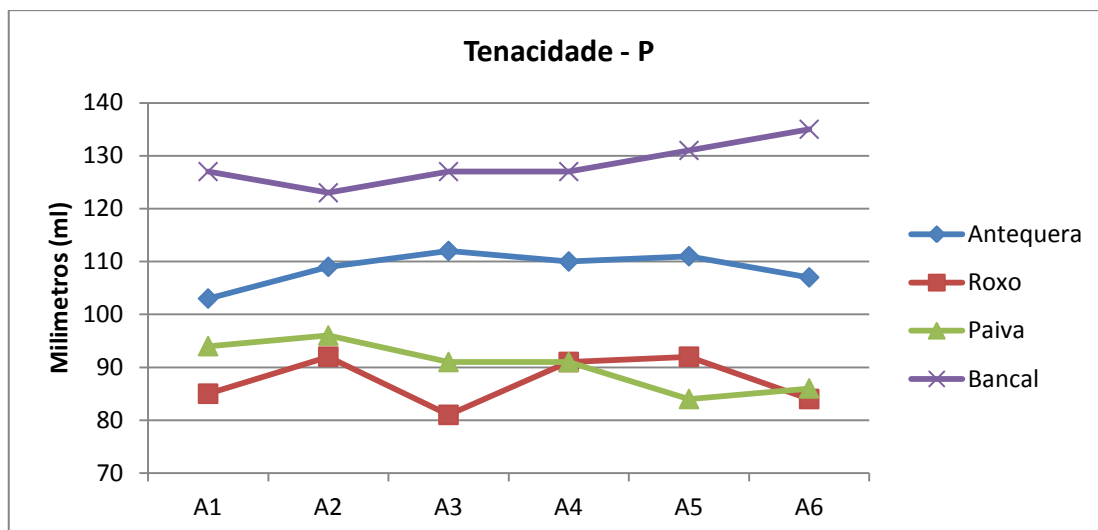


Figura 35 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos na tenacidade da massa.

O maior valor de extensibilidade foi obtido com a variedade ‘Roxo’ (Quadro 22). Para o fator época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos específicos, o tratamento A4 conduziu a maior extensibilidade da massa, mas com valor próximo do obtido nos restantes tratamentos (Quadro 22) e semelhantes nas quatro variedades (Figura 36).

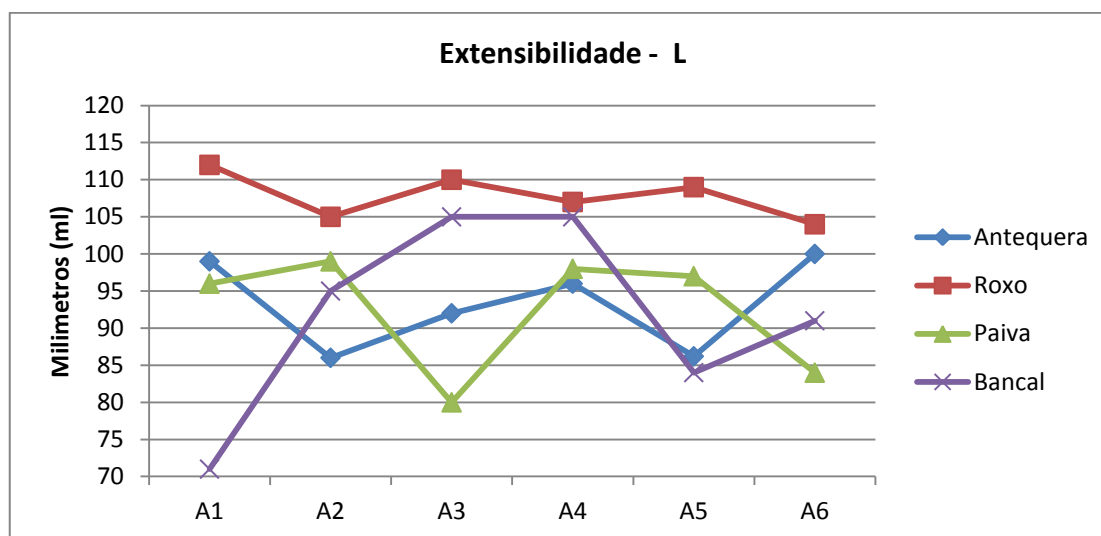


Figura 36 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos na extensibilidade da massa.

A relação P/L, que expressa o equilíbrio da massa, volta a ter, também no ensaio de adubos específicos, valores mais interessantes com as variedades ‘Roxo’ e ‘Paiva’, respetivamente com 0,82 e 0,99 (Quadro 22), classificando-se nesta característica como “Melhoradores”. A análise dos valores obtidos nos tratamentos de adubação, tal como no ensaio de adubos clássicos, mostrou valores superiores a 1,0, mas inferiores a 1,2 (Quadro 22). A variedade ‘Bancal’, nos tratamentos A1, A2, A5 e A6 e, em menor grau, a variedade ‘Antequera’ nos tratamentos A2, A3 e A5, conduziram aos valores de P/L mais elevados (Figura 37).

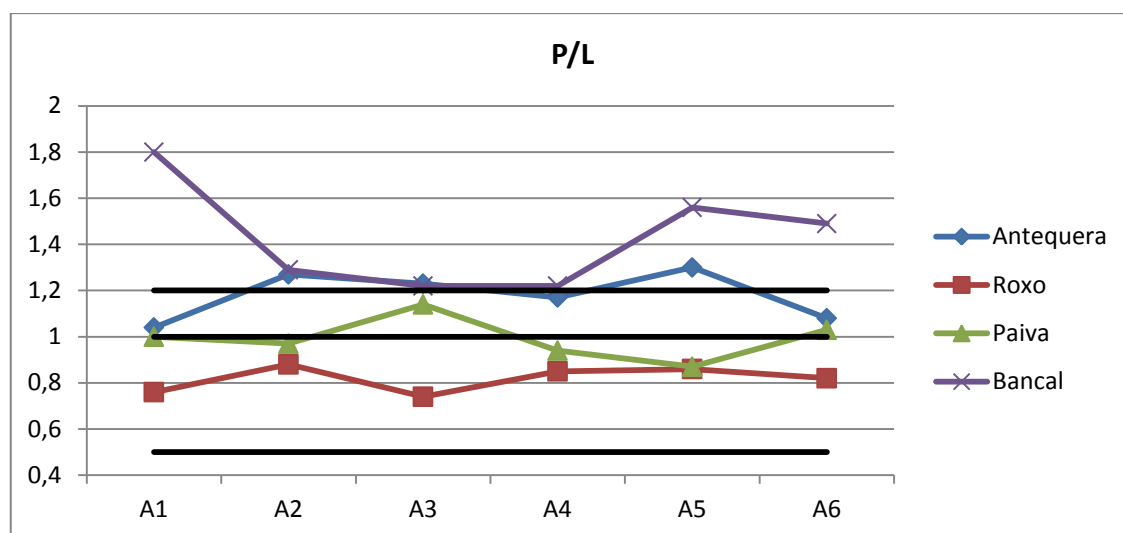


Figura 36 - Efeito da interação variedade × época/fracionamento da adubação com adubos específicos no equilíbrio da massa.

A variedade ‘Bancal’, com um W de $372 \times 10^{-4}\text{J}$, voltou a destacar-se das restantes, sendo a única acima da média do ensaio. O tratamento época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos específicos A4, com 75% do N aplicado à sementeira e 25% ao emborrachamento, foi o que registou maior valor de W e os tratamentos A1 e A6 com todo o N aplicado à sementeira conduziram aos valores mais baixos (Quadro 22). Este resultado evidencia a importância do N aplicado ao emborrachamento, tal como se verificou com os tratamentos com adubos clássicos.

De acordo com os critérios da LVR, além da variedade ‘Bancal’ que já tinha sido classificada como “Melhoradora” no ensaio de adubos clássicos, entram também nesta classificação as variedades ‘Antequera’ e Roxo com W superior a $300 \times 10^{-4}\text{J}$. A variedade ‘Paiva’, embora com W superior a $300 \times 10^{-4}\text{J}$ nos tratamentos A1, A2 e A4 (Figura 38), em média classifica-se como “Semi-corretor”.

Da análise conjunta da força da massa (W) e da relação P/L, voltamos a verificar, tal como no ensaio com adubos clássicos, que a variedade ‘Bancal’ apresenta o valor de W mais elevado, mas simultaneamente uma relação P/L desequilibrada.

O tratamento época de aplicação/fracionamento da adubação com adubos específicos, A4, que conduziu ao maior valor de W ($327 \times 10^{-4}\text{J}$), foi simultaneamente, o que apresentou a relação P/L mais equilibrada (1,05), realçando mais uma vez a importância da aplicação de N no emborrachamento para a obtenção de elevados teores de proteína e, consequentemente, de qualidade da massa para a panificação.

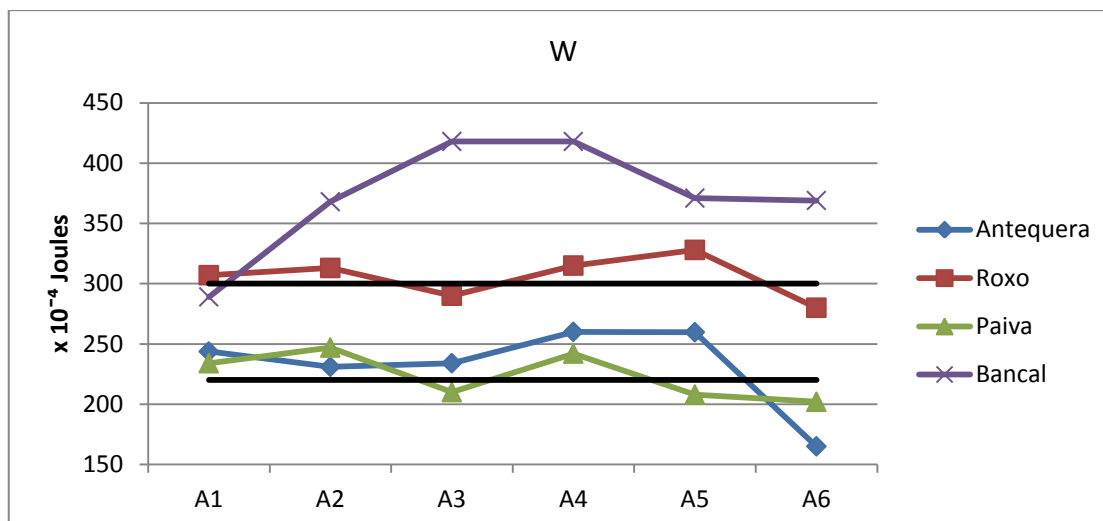


Figura 37 - Efeito da interação variedade x época/fracionamento da adubação com adubos específicos na força da massa.

No Quadro 23, indicam-se as correlações entre as características de qualidade obtidas no ensaio de adubos específicos, das quais se destacam as relações estreitas e positivas entre o teor de proteína e o glúten húmido (0,817***) e entre o índice de Zeleny e a força da massa (W) (0,488*). Estes coeficientes de correlação, tal como no ensaio de adubos clássicos, vão de encontro à importância do teor de proteína do grão na qualidade de panificação.

Quadro 23 – Coeficientes de correlação de Person (n=24) entre várias características de qualidade do grão no ensaio de adubos específicos.

	Glúten	Zeleny	P	L	P/L	W
Zeleny	0,248					
P	-0,412*	0,019				
L	0,515*	0,538**	-0,398			
P/L	-0,548**	-0,229	0,879***	-0,767***		
W	0,087	0,488*	0,731***	0,269	0,374	
Proteína	0,817***	0,255	-0,477*	0,437*	-0,536**	-0,073

*, **, *** significativo para 0,05, 0,01 e 0,001 respetivamente.

IV – CONCLUSÕES

CAPÍTULO IV – Conclusões

No desenvolvimento deste trabalho podemos enumerar algumas conclusões, as quais deverão ter um carácter preliminar, já que dizem respeito apenas ao ano agrícola 2015/16 e no ambiente considerado. Apresentam-se por fator de estudo (variedade e época de aplicação/fracionamento da fertilização azotada).

O fator de estudo variedade mostrou variabilidade no comportamento agronómico refletindo-se na produção de grão. Independentemente do tipo de adubo utilizado, clássico ou específico, a variedade 'Bancal' proporcionou produção de grão mais elevada, embora estatisticamente semelhante a 'Roxo' no ensaio de adubos clássicos.

A produção de grão esteve sempre mais ajustada ao número de grãos m^{-2} que ao peso do grão, o que está de acordo com a maior influência que aquela componente tem na definição da produção. Para o número de grãos foi maior o contributo do número de grãos por espiga do que do número de espigas m^{-2} , situação que parece ter decorrido das condições climáticas de excelência que ocorreram no período do espigamento à maturação fisiológica.

O peso de 1000 grãos, embora influenciado pelas condições ambientais, parece ter elevado determinismo genético, pelo que a variedade 'Antequera' apresentou valores mais elevados em qualquer dos ensaios, se bem que semelhante a 'Bancal' no ensaio de adubos específicos.

O teor de proteína, apesar de muito influenciado pelo ambiente, parece ter também influência do genótipo, pois a variedade 'Roxo' obteve nos dois ensaios os valores mais elevados. No entanto, as características reológicas da farinha/massa não se ajustaram aos valores da proteína, tendo a variedade 'Bancal' registado os maiores valores de W em qualquer dos ensaios, embora com relações P/L muito elevadas, enquanto que a variedade 'Roxo' apresentou valores equilibrado nesta relação.

Os tratamentos época de aplicação/fracionamento da adubação azotada com adubos clássicos, que conduziram à maior produção de grão, foram aqueles em que a fertilização azotada foi aplicada à sementeira (50%), encanamento (25%) e emborrachamento (25%) e quando foi mais repartida (sementeira, afilhamento, encanamento, emborrachamento ou ântese), o que parece indicar uma maior eficiência de utilização do azoto nestas modalidades.

No ensaio de adubos específicos não se verificou efeito da época de aplicação/fracionamento da adubação azotada na produção de grão. Este resultado é interessante já que a aplicação única deste tipo de adubos à sementeira pode constituir uma boa alternativa às aplicações fracionadas, às quais se associam os custos da operação e a preocupação do produtor para a sua realização atempada.

Para o teor de proteína, no ensaio de adubos clássicos, verificou-se que as aplicações de azoto ao emborrachamento foram decisivas e que a aplicação à ântese não parece ter influenciado a proteína do grão, provavelmente, porque esta aplicação tardia não permitiu a plena utilização do N pelas plantas. Também os teores de glúten e a força da massa

apresentaram valores mais elevados nos tratamentos com aplicação de azoto ao emborrachamento.

Tal como para a produção de grão, as épocas de aplicação/fracionamento dos adubos específicos estudados, não influenciaram o teor de proteína do grão. No entanto afetaram a força da massa, com valores mais baixos na aplicação única de azoto à sementeira. Como a aplicação de 75% do N à sementeira e 25% ao emborrachamento permitiu a obtenção do W mais elevado e com aceitável equilíbrio na relação P/L, este fracionamento de adubos específicos pode oferecer vantagem em relação à aplicação única, já que proporciona uma melhoria da qualidade, fator decisivo para a valorização da produção.

Os resultados obtidos nos dois ensaios quer para a produção de grão (6439 kg ha⁻¹ com adubos clássicos e 6355 kg ha⁻¹ com adubos específicos), quer para as características de qualidade do grão e farinha (14,15% de proteína com adubos clássicos e 14,12% com adubos específicos), são semelhantes, pelo que o tipo de N parece não ter influência nestas características com interesse económico.

Dada a dinâmica do N no solo e a forte influência ambiental nos ambientes mediterrânicos, para uma maior robustez dos resultados e, desta forma, possibilitar conclusões mais consistentes e fundamentadas, importa promover a realização plurianual e multilocal do presente estudo.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- Almeida, A.S. (2007) – *Parâmetros analíticos de selecção do trigo em ambiente mediterrâneo Produção e qualidade*. Tese de Doutoramento, Universidade Nova, Lisboa, **315** p.
- Andrade, S., Alarcão, C. (2015). Estudo comparativo de variedades de trigo e modalidades de fertilização azotada (adubo estabilizado vs. fertilização convencional). *Cereais*. **2**p: 8-9.
- Arrobas, M., Rodrigues, M. (2013). Agronomic Evaluation of a Fertilizer With D-CODER Technology: A New Mechanism for the slow release of Nutrients. *J. Agr. Sci. Tech.* Vol. **15**: 409-419.
- ADP (2010). *Entec, Nergetic, Nitroamoniacal, Ureia*. Obtido em 01 de 05 de 2017, de ADP: <http://www.adp-fertilizantes.pt/>
- Bagulho, A., Costa, R., Moreira, J., Pinheiro, N., Gomes, C., Almeida, A., Coutinho, J., Coco, J., Costa, A., Patanita, M., Dôres, J., Boteta, L., Maças, B. (2016) Otimização da Aplicação de Fertilização Azotada em Trigos Melhoradores – Influência na Qualidade. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, L.P. **1**p.
- Bagulho, A. (2008). Efeito das proteínas de reserva e das associadas ao amido e aos lípidos nas propriedades reológicas de farinhas de trigo mole. Tese apresentada para a obtenção do grau de doutor no ramo de Engenharia Agroindustrial. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia. **264**p.
- Bagulho, F. Maças, B. e Coutinho, J. 1994. Conventional wheat breeding, facing realities of modern portuguese agriculture. *In: Acto Horticulture, Plant Breeding for Mankind*. **355**: 147-154.
- Bequette, R.K. (1989) - Influence of variety and "environment" on wheat quality. *Bulletin of the Association of Operative Millers*, 5443-5450.
- Brandt, K., Molgaard, J. P. 2001. Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods? *J. Sci. Food Agric*. **81**: 924–931.
- Brites, C. 2000b. Melhoramento da qualidade dos trigos. *INV. Agrária* **3** (3): 82-83.
- Brites, C. 1998. Relação das proteínas de reserva do endosperma do trigo duro com a qualidade das massas alimentícias. Tese de Doutoramento, UTL, Lisboa, **185** pp.
- Cantarero, I. L., Ruiz, J. M., Hernandez, J., Romero, L. 1997. Nitrogen metabolism and yield response to increases in nitrogen-phosphorus fertilization: improvement in greenhouse cultivation of eggplant (*Solanum melongena* cv. Bonica). *J. Agric. Food Chem*. **45**: 4227– 4231.

- Carvalho, M. (2016). A Adubação Azotada de trigo em Portugal.. AGROTEC. **4p**:90-93.
- Carvalho, M. (2015). A adubação azotada do trigo em Portugal – O problema da variabilidade climática. *Grandes Culturas*, **5**: 10-13.7
- Carvalho, N.M., Nakagawa, J. (2012) - Sementes: Ciência, tecnologia e produção. Campinas: 5ª Ed. Editora Funep, São Paulo-SP, **590** p.
- Carvalho, M., Azevedo, A.L. & Basch, G. (1995). Optimização da Adubação Azotada: Sua Relação com a Precipitação e a Produção Prevista. *Agronomia Lusitana*. **45** (1-3): 121-135.
- Cardoso, P. (2013). Qualidade na perspetiva da indústria: utilização da produção nacional. Moagem Ceres. 2ª Mostra Técnica em Cereais - Apresentação de Resultados. Escola Superior Agrária de Beja, Beja, 17 de Outubro de 2013.
- Cardoso, J. Carvalho. 1965. Os Solos de Portugal. Sua Classificação, Caracterização e Génese. 1 A Sul do Rio Tejo. Direcção-Geral dos Serviços Agrícolas, Secretaria de Estado da Agricultura, Lisboa.
- COTR. (2016) - *Sistema Agrometeorológico para a Gestão da Rega no Alentejo (SAGRA)*. Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio (COTR), Quinta da Saúde, Beja, [cit. 2016-10-04]. <<http://www.cotr.pt/cotr/sagra.asp>>
- Costa, R., Pinheiro, N., Gomes, C., Bagulho, A., Moreira, J., Almeida, A., Coutinho, J., Coco, J., Costa, A., Patanita, M., Dôres, J., Boteta, L., Maças, B. (2016). FERTITRIGO, Otimização da Aplicação de Fertilização Azotada em Trigos Melhoradores. 2º Simpósio Produção e Transformação de alimentos em ambiente sustentável. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, L.P. **27p**:2-28.
- Costa, M.N., Bagulho, A. & Patanita, M. (2017). Qualidade dos trigos (Parte III/III). Fatores que afetam a qualidade dos trigos. *Grandes Culturas*, **9**: 11-15.
- Costa, M.N. & Patanita, M. (2015). Qualidade dos trigos (Parte I/III) - Avaliação da qualidade no trigo mole. *Grandes Culturas*, **5**: 5-9.
- Cordovil, C. M. S. 2004. Dinâmica do azoto na reciclagem de resíduos orgânicos aplicados ao solo. Instituto do Ambiente, Alfragide. 56 pp.
- Chapin, F. S., Schulze, E.-D., Mooney, H. A. 1990. The ecology and economics of storage in plants. *Ann Rev Ecol Syst* **21**: 423–447.
- Dôres, J., Patanita, M., Palha, J. (2014). Otimização da fertilização azotada em trigo mole – adubos convencionais versus adubos com inibidor de nitrificação. *Grandes Culturas*, nº3. **4p**:26-29.
- Dôres, J., Patanita, M., Parreira, A., Moura, F., Guerra, L. (2009). Estratégias de Fertilização Azotada em Trigo. Associação Portuguesa de Mecanização Agrária. Caderno nº5. **5p**:62-66.

- EQEC (2015). Ensaios Alveográficos. Elenco de Qualidade - Equipamentos de Controlo, Unipessoal. Lda (EQEC). www.eqec.pt
- Eurochemagro (s.d.). *ENTEC*. Obtido em 02 de 09 de 2017, de Eurochemagro: «<http://pt.eurochemagro.com/produtos/entec/>»
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017) *Faostat*. <http://www.fao.org/corp/statistics/en/>, consultado em Maio de 2017.
- Fokar, M., Blum A., Nguyen, H.T. (1998) - Heat tolerance in spring wheat. II: Grain filling. In review. *Euphytica*, **104**: 9-15.
- Filho, O.R. (1999). Uso de adubação nitrogenada no espigamento para melhorar a qualidade industrial do trigo. Melhoramento de Sementes. Comunicado técnico.
- GUARIENTI, E.M (1996). Qualidade industrial de trigo. Passo Fundo: Embrapa Trigo. 36p.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2001) - *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability*. Maccarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., White, K.S (Ed.). Cambridge: Cambridge University Press. 1032 p.
- López-Bellido, L., López-Bellido, R.J. & López-Bellido, F.J. (2006). Fertilizer nitrogen efficiency in durum wheat under rainfed Mediterranean conditions: effect of split application. *Agron. J.* **98**: 55-62.
- López-Bellido, L., López-Bellido, R.J. & Redondo, R. (2005). Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. *Field Crops Res.* **94** (1): 86-97.
- López-Bellido, L. (1991). Cereales, Cultivos Herbáceos. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidade de Córdoba. Vol. I, 539p.
- López-Bellido, L. & Fuentes, M. (1989). Calidad de los Trigos Cultivados en Sevilla, Córdoba y Cádiz. Camara Agraria Provincial de Sevilla. 202p.
- Maças, B. (1996). *Definição de critérios de selecção de trigo mole (Triticum aestivum L.) para as condições do ambiente mediterrânico do Sul de Portugal*. Dissertação apresentada no Instituto Nacional de Investigação Agrária para efeitos de concurso para Investigador Auxiliar. INIA, ENMP, Elvas.
- MANDARINO, J.M.G (1993). Aspectos importantes para a qualidade do trigo. Londrina: EMBRAPA/CNPSo. 32p. (EMBRAPA/ CNPSo. Documentos, 60)
- Monho, A.T. (2013). Determinação do valor tecnológico e de utilização de vários tipos de misturas de farinha de trigo mole e sêmola de trigo duro para o fabrico de pão tradicional. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia e Segurança Alimentar. Universidade Nova de Lisboa. 74p.

- Nommik, H., Vahtras, K. 1982. Retention and fixation of ammonium and ammonia in soils. In: Stevenson, F. J. (Ed.). Nitrogen in Agricultural Soils. Agronomy, nº 22, 123-171.
- Oliveira, K.S. (2012). Stresse térmico em plantas de trigo. Alterações na composição do grão. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia e Segurança Alimentar. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. 76p.
- Patanita, M. & López-Bellido, L. (2016). Fertilização azotada da cevada dística em regadio. *Grandes Culturas*, **7**: 12-15.
- Patanita, M. & López-Bellido, L. (2011). Fertilización nitrogenada en la cebada cervecera en regadío. *Vida Rural*, 1/Septiembre/2011: 54-57.
- Patanita, M. (2007). *Fertilización nitrogenada de la cebada cervecera (Hordeum vulgare L. spp. distichum) en regadío*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. Córdoba, 214p
- Patanita, M. (1997). Avaliação de genótipos de trigo mole (*Triticum aestivum* L.) em dois sistemas de mobilização do solo. *Dissertação do Curso de Mestrado em Melhoramento de Plantas*, Universidade de Évora. Évora. 190p.
- Perten (2017). Gluten Index.Application & Method.Perten Instruments. www.perten.com
- Poblaciones, M.J. (2007). Calidad de trigo harinero en condiciones de secano mediterráneas: influencia del sistema de laboreo, cultivo precedente y nitrógeno fertilizante. Tesis Doctoral. Universidade de Extremadura. Escuela de ingenierías agrarias, Badajoz. 222p.
- Rodrigues, M. Â., & Coutinho, J. F. (2000). *Eficiência de utilização do azoto pelas plantas*. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança.
- Santos, J. Q. 2002. Fertilização – Fundamentos da utilização dos adubos e correctivos. 3ªEdição, Colecção Euroagro, Publicações Europa-América. 548 pp.
- Souza, M.A., De Ramalho, M.A.P. (2001) - Controle genético e tolerância ao estresse de calor em populações híbridas e em cultivares de trigo. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 36 (10), 1245-1253.
- Scheuer, P.M., Francisco, A., Miranda, M.Z., Limberg, V.M. (2011) - Trigo características e utilização na panificação. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, 13 (2), 211-222.
- Trenkel, M. E. (2007). *Ullmann's Agrochemicals. Fertilizers*, 3 (Chap. 4.4 and 4.5). Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
- Trochard, R. & Lajou, J. (1994). Simplification du travail du sol. *Perspectives Agricoles*, **194**: I-XVIII.
- Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J. D. 1985. Soil Fertility and Fertilizers. 4ª ed., Macmillan Publishing Company, New York, 754 pp.
- Witzell, J., Shevtsova, A. 2004. Nitrogen-induced changes in phenolics of *Vaccinium myrtillus* simplifications for interaction with a parasitic fungus. *J. Chem. Ecol.*, 30:1937–1956.

ANEXOS

Anexo I -LVR-LISTA DE VARIEDADES RECOMENDADAS -TRIGOS DE QUALIDADE ,ANO AGRÍCOLA 2016-2017

Utilizações Tecnológicas

I. Trigo Mole

Parâmetros considerados	CLASSES TECNOLÓGICAS	
	MELHORADOR	SEMI CORRECTOR
Proteína m.s. (%)	Min 14	Min 12,5
Índice de Queda/Hagberg (s)	Min 260	Min 260
Peso específico (kg/hl)	Min 79	Min 78
Glúten húmido* (%)	Min 32	Min 28
Glúten seco* (%)	Min 12	Min 11
P/L	Entre 0,5 e 1	Máx 1,2
W (E ⁻⁴ J)	Min 300	Min 220
Humidade (%)	Máx 13	Máx 13

*Determinações realizadas na farinha

II. Trigo Duro

Parâmetros considerados	CLASSES TECNOLÓGICAS	
	CLASSE A	CLASSE B
Proteína m.s. (%)	Min 12	Min 11,5
Índice de Queda/Hagberg (s)	Min 280	Min 250
Peso específico (kg/hl)	Min 78	Min 77
Vitreosidade (%)	Min 80	Min 65
Cinzas m.s. (%)	Máx. 1,9	Máx. 1,9
Humidade (%)	Máx 13	Máx 13